ISSN 0582—415 X

西水研研報
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.
(59), 1983

BULLETIN OF THE SEIKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

No. 59
March 1983

西海区水産研究所研究報告

第59号

西海区水産研究所
長崎市国分町49

昭和58年3月

西水研研報 第59号 昭和58年3月
Bull. Seikai Reg.Fish. Res. Lab., No. 59. Mar. 1983

玉縄各部の底層滞留時間と漁獲尾数

前田　弘*・北島忠弘・廣瀬　誠*・内田和良*・
浜口正人*・深田耕一*・俵　　悟*

Soaking Time and Catch by By-line Type Bottom Longline

Hiroshi MAÉDA*, Tadahiro KITAJIMA, Makoto HIROSE*,
Kazuyoshi UCHIDA*, Masato HAMAGUCHI*, Koichi FUKADA*
and Satoru TAWARA*

The bottom longline, including the by-line type, is effective only when its baited hooks are settled in the layer just above sea bed. The present report intends to find a way to improve the time schedule of fishing work of by-line type bottom longline on the grounds of very rough topography. For this purpose, the sinking speed, the time length of respective parts of a string settled in the layer just above sea bed (T'_1) and the relation between T'_1 and catch were examined. The data used were; a) the records of catch by respective hooks; b) time length of shooting, waiting and hauling; c) change in depth of line from shooting to the end of soaking recorded by the motor-driven depth recorders and d) echograms during shooting and hauling works collected from the 44 strings settled during the cruise from September to December 1979 along the outer edge of the continental shelf of the East China Sea. And the results obtained were summarized into as follows:

1. The sinking speed of the by-line type bottom longline varied from string to string and from part to part even within a string. The line sunk from surface to bottom at uneven speed, including short stops and extreme drops.

2. The average speed of sinking in 50-m depth intervals ranged from 2 to 7 m per minute with the mode at 4 to 5 m per minute.

3. T'_1 estimated using the average sinking speed, settled depth and working speed took the value very close to the observed one using the motor-driven depth records.

4. The estimated T'_1 at the initial end of hauling ranged from -25 (hauled up 25 minutes before the expected hour of arrival at sea bed) to 89 minutes, and that

---

昭和57年12月16日受理
西海区水産研究所業績第402号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 402)
* 水産大学校 (Shimonoseki University of Fisheries)

at the final end from -4 to 156 minutes. The range of T'_1 within a string varied from -41 (T'_1 at the final end was 41 minutes shorter than that at the initial end) to 151 minutes.

5. A string of by-line type bottom longline was sectioned into 10 parts of equal length. The estimated linear and quardratic regression equations of catch in respective parts on T'_1 of the corresponding parts revealed that the increasing trend of catch with increase in T'_1 could be found out only in the rubby snapper (*Etlis carbunculus*), but the regression of catch of the other species did not show any definite trend.

6. The possibility of the modification of the T'_1 -catch relation due to the following factors was examined: 1) time length of T'_1, 2) variation of T'_1 within a string, 3) settled depth and its gradient, 4) topography and character of bottom estimated from echogram and species caught, 5) distribution of the other species of fish caught by the same string, 6) possibility of a part being suspended in a layer apart from sea bed, 7) error in estimated value of T'_1 due to drift to shallow or deep ground, 8) sufficiency of catch for statistic treatment and 9) fishing hour (dawn, morning, afternoon, dusk or night). And as a result it was found out that the catch depended not exclusively on the length of T'_1 but was modified by various factors like those mentioned above.

Basing on these results, it may be concluded that a recommendable work pattern to increase the possibility of yielding a good catch is repetitive use of gear by regulating the length of soaking time, because it was hard to expect an increase of catch just by elongating the soaking time. The length of soaking time should be determined to be $d/4$ minutes with some additional time for safely settling, under the supposition that the sinking speed in most of the cases is a little larger than 4 m per minute, where d is the depth settled in metes.

延縄が漁獲能力を発揮できるのは，漁獲対象とする魚種の生息層に釣針がある間だけであり，対象魚種の摂餌活動の日周期的変化が著しい場合には，対象魚種が活発に摂餌する時刻に釣針が摂餌層になければならない．しかし，浸漬時間が長くなると，操業回数が減ることの他に，下記の理由による操業効率の低下が考えられる：餌の鮮度が低下し，漁獲の増加が期待できなくなるばかりでなく，釣針にかかった魚が逃げたり，かかった後死んだ魚が脱落したり，あるいは漁獲のある枝糸が切断するため，漁獲量が減少するとともに鮮度低下や食害のために漁獲物の商品価値が低下する．漁獲尾数と浸漬時間の関係に関する報告はマグロ延縄[1-8]に見られるがしかし，この漁法は浮延縄である．

底延縄類（玉縄・立縄を含む）の場合は，小型甲殻類が漁獲物の肉とヒレを食い荒して商品価値をなくし，餌として用いた魚肉を食い荒して餌としての効果を失なわせる．これらの現象は浮延縄の場合より激しい．浮延縄に見られない現象としては，浸漬時間の増加に伴う根がかり等の事故の増加の問題がある．ま

た浮延縄と底延縄の操業法に見られる基本的な相違として，前者では一般に投縄時刻が一日のうちの特定の時刻に限られるが，後者では投縄時刻は限定されない．一部の底延縄では操業は昼間に限られることもあるが，この場合でも日出から日没までの間，投・揚縄が繰り返される．

浮延縄と底延縄とではこのような差異があるにもかかわらず，底延縄類における浸漬時間と漁獲量の関係を扱った研究[9]は少ない．底延縄の場合でも浮延縄の場合と同様に，浸漬時間は投縄時刻と揚縄時刻の時間間隔として扱われている．しかし，底延縄類の漁獲量の変化は浸漬時間との関係ではなく，縄が有効に働いた時間の長さ――底層にある時間の長さ（以後（底層）滞留時間という）――との関係としてとらえられなければならない．この時間の長さは，投縄所要時間・沈降速度・縄待ち時間・揚縄所要時間および水深によって変る．底延縄類のうち玉縄は重錘と浮球の釣合が良くとれている上に長い幹縄があるため沈降速度が遅く，しかも沈降速度は種々の条件によって変化する．また玉縄は斜面・海嶺等のような起伏の激しい，他の漁法では操業できないような漁場で使われることが多く，投縄水深と揚縄水深との間に大きな差が見られることや，一はえ* の中でも部分によって水深の異なることがある．したがって，玉縄では投縄方向に向って揚げた場合でも，水深によって沈降に要する時間が異なるため，先に揚げた部分ほど底層滞留時間が短いとは限らない．しかも流れのある漁場では，必ずしも投縄方向に向って揚げられない．また海底の起伏が激しい漁場では，底層滞留時間が一方の端から他方の端に向って一様に増加（減少）するとは限らない．

このように玉縄の場合漁具が目的の層に滞留した時間と浸漬時間との関係は，浮延縄の場合よりも複雑であり，滞留した時間の長さと漁獲の関係の把握が困難である．したがって，玉縄を有効に使用するためには，何らかの方法で一はえの玉縄のその各部分が底層に滞留した時間の長さを推定し，その時間の長さと漁獲尾数・枝糸切断等との関係を明らかにすることが大切である．

1979年9月から12月まで，東シナ海大陸棚外縁の水深150ｍから850ｍまでの海域において行った44回の玉縄操業の結果について，一はえの各部分の底層滞留時間と漁獲尾数との関係を調べ，更に，同時に漁獲される他魚種の分布等9項目について各魚種の漁獲分布が影響を受ける可能性を検討したのでその結果について報告する．

材料および方法

この報告に用いた資料は，1977年度から1979年度までにわたって行われた大陸棚斜面未利用資源精密調査の一部として，1979年9月から12月まで，東シナ海大陸棚外縁において，第8有漁丸（北転船，349.33トン，水産庁の用船）によって行われた44回の玉縄操業中に得られた釣針ごとの漁獲記録である[10]．この記録によった漁具構造と底魚類の漁獲分布の関係については前報[11]に報告した．この他資料として，投・揚縄中の魚探記録と，33回の操業においてそれぞれ1～3器の自記水深計を付けて測った幹縄各部の投入から揚収までの間に見られた水深の時間的変化の記録を用いた．なお，操業番号の100台は航海次数を表わす．各操業の位置・操業条件は東シナ海大陸棚斜面未利用資源精密調査報告書[10]に示した．

この調査に用いた玉縄は前報[11]に図示したが次のような構造である：幹縄はポリエチレンクロス9㎜のものを1鉢550ｍとし，50ｍ間隔で10本の枝縄を付け，相隣る枝縄取り付けクリップの中間に直径120㎜のサイコラック浮球を付けることによって幹縄を着底しないように保つ．枝縄は3×3クレモナ20番手135本7ｍの道糸の下に，ナイロン30号7.15ｍの幹糸が続き，それに65㎝の間隔で10本の枝糸が付く．その下端は20㎝のクレモナ60本の“切らせ”を経て，1.1㎏の鉄製重錘で終る．1回の操業には，5又は10鉢（操業番号301～319では10鉢，それら以外では5鉢）の幹縄を次々につなぎ，両端に10㎏の錨を付けたものを用いた．

各枝縄の投縄時水深と揚縄時水深は，魚群探知機（光電製作所製，SRM-872AV型，28kHz と 50kHz の2周波を使用できるが，400ｍ以浅の場合は 50kHz，以深の場合は 28kHz を使用した）の記録紙から，玉

＊1回の操業のことで，1鉢550mのものを5鉢連結して使用した場合と，10鉢連結して使用した場合とがある．

縄の各部の底層滞留時間の項に示した方法によって読み取った．

縄の沈降速度と底層滞留時間は，操業番号300台では3器，400台と500台では1器の自記水深計（柳計器製，ＢＳ—04型，計測範囲25〜750ｍ，耐圧800ｍ，記録紙の送り速度1㎜/分)を用いて測定した．この水深計は水中重量1.4㎏であるため，直径300㎜の浮球と玉縄に使う重錘および大型シャックルにより，水中重量がほぼ0になるように調整した．水深計は，幹縄5鉢を連結して一はえとしたとき第2鉢と第3鉢の連結点に，幹縄10鉢を連結して一はえとしたとき第1鉢と第2鉢の連結点（以下では先端部と呼ぶ）・第5鉢と第6鉢の連結点（中央部）および第9鉢と第10鉢の連結点（末端部）にそれぞれ1器ずつ取付けた．

各水深計は投縄前の始動したときと揚収後の停止したときに記録紙にマークを付け，時間的変化を1㎜ごとに読み取り，t分間に記録紙が1㎜進んだとすれば，1㎜間隔の値はt/l分間隔の値として扱った．

結　　　果

1．投縄から揚縄までの深度変化

幹縄は船の航走に従って繰り出された．この速度は，幹縄5鉢の場合は19分から35分までにわたり平均23分（平均約4ノット），10鉢の場合は25分から45分までにわたり平均36分（平均約5ノット）であった．No.305〜No.307およびNo.314〜No.319では幹縄を十分たるませるため，投縄方向に対し左右20°ずつの変針を繰り返しながら投縄したが，投縄速度は変らなかった．この速度では3〜4個前に投入した浮球まで海面にあり，その後海面下に沈降することが観察された．

自記水深計の記録によれば，各部分の深度変化は次のようである：各部分は投入後沈降をはじめ，魚探で測深したとほゞ同じ水深に達し，その後揚縄の影響が現われるまでの間はほとんど同じ水深にとどまる．この水深に達するまでに要した時間とこの水深に滞留した時間の長さは操業ごとに異なる．

揚縄の影響が現われ始めると，枝縄を外すのに手間どりラインホーラを停めたとき以外はほぼ一定の50〜60ｍ/分の速度で揚がる．したがって，玉縄は着底後ほとんど移動せず，揚縄中に縄は海底を曳かれることなく，ほぼ垂直に揚がると考えられる．

2．沈降速度

自記水深計によって測定された玉縄各部の沈降過程の一部を図1に，各作業時間・縄の各部が海面から海底付近まで沈降するに要した時間・平均沈降速度および底層滞留時間を表1に航海次別に示した．

図1のうち，No.303とNo.304の分図はそれぞれ北緯30°線の水深645〜590ｍの地点およびその3.6マイル東の水深760〜865ｍの地点に投入され，約110〜200分間および220〜355分間経過したが，450ｍ層に20〜110分間および80〜140分間とどまり，着底しなかったために漁獲が全く見られなかった例である．これらの例では，幹縄は深度350〜400ｍまでほぼ一様に5.0〜6.6ｍ/分の速度で沈降したが，その後ほとんど沈降しなくなるか長い周期で深度幅約50ｍの浮上と沈降を繰り返した．それぞれ900ｍおよび1,200ｍの錨綱を使用したので，450ｍ以深に沈降しなかったのは，錨綱が短かかったためと考えられない．同時に行ったＸＢＴによる水温観測と2か月後に行ったDBTとSTDによる水温と塩分の観測結果[10]には，玉縄がこの層以深に沈降しなかった理由は見られなかった．同じ北緯30°線の水深450ｍ以浅に投入したNo.301とNo.302では，

表1　玉縄の縄待ち時間・沈降速度および底層滞留時間

1）第1次および第2次航海

操業番号	投縄開始地点の水深（m）	投縄所要時間（分）	縄待ち時間（分）	揚縄所要時間（分）
101*	237	20	105	55
102*	250	28	60	120
103*	250	25	60	60
104	270	35	65	120
201	260	23	137	60
202	255	21	72	65
203	318	19	88	85
204	275	19	69	55
205	225	20	75	60
206	290	19	81	64
207*	255	21	94	53

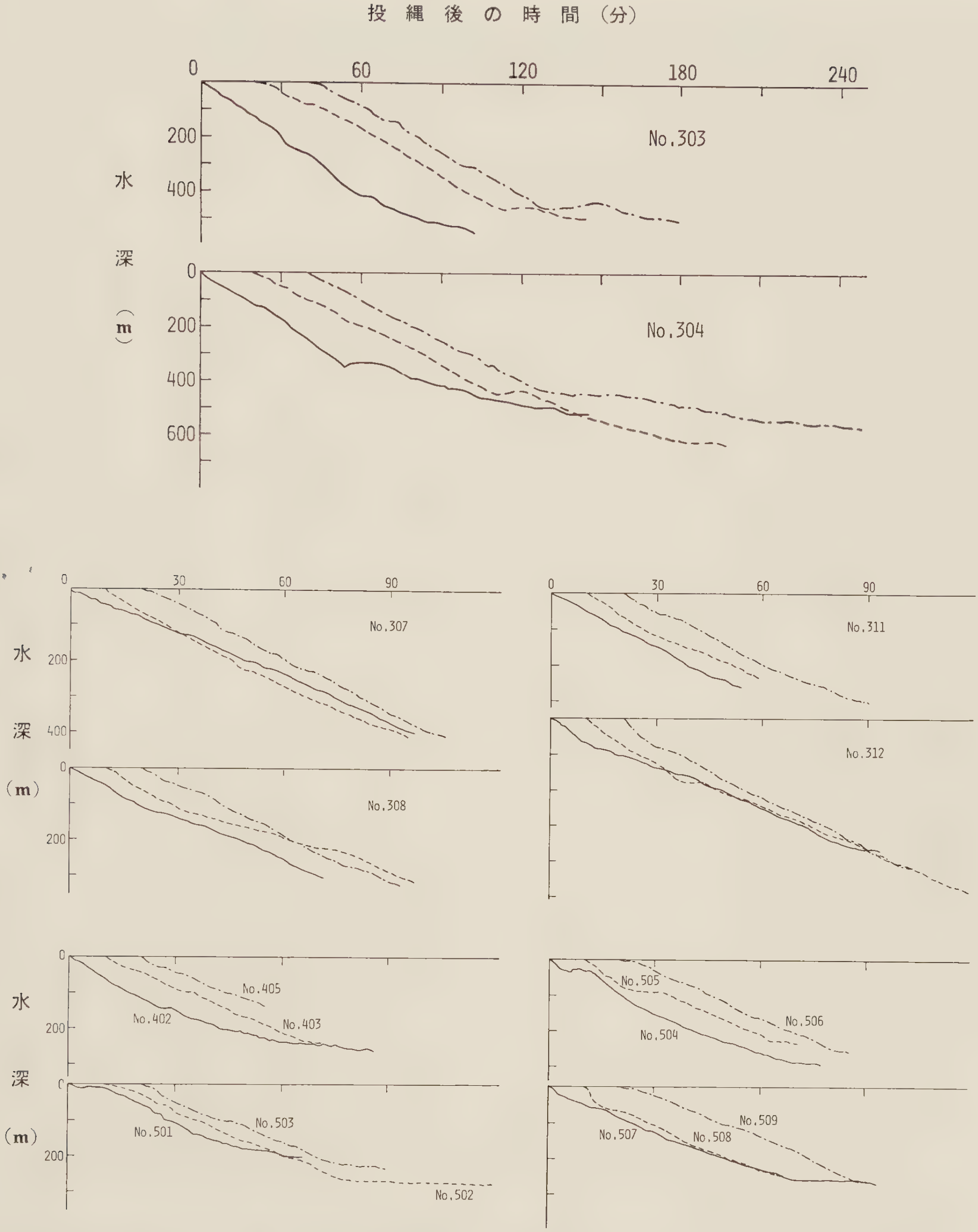


図１　自記水深計によって測定した玉縄の沈降過程
No. 303～**No.** 312 では，第１鉢と第２鉢の連結点の沈降速度を実線，第５鉢と第６鉢の連結点の沈降速度を破線，第９鉢と第10鉢の連結点の沈降速度を１点鎖線で示す．着底後の部分は省略した．各線は重ならないようにするため10分または20分に相当する幅だけずらせてある．

表1 2) 第3次航海（幹縄の第1鉢と第2鉢の連結点・第5鉢と第6鉢の連結点および第9鉢と第10鉢の連結点の3か所に水深計を付けた場合）

操業番号	投縄開始地点の水深 (m)	投縄所要時間 (分)	縄待ち時間 (分)	揚縄所要時間 (分)	水深計 1 平均沈降速度 水深 (m)	時間 (分)	速度 (m/分)	到達時間 水深 d_0 (m)	時間 (分)	滞留時間 実測値 T_0 (分)	計算値 T_0' (分)	魚探による 水深 d_1 (m)	実測値 T_1 (分)	計算値 T_1' (分)
301	212	38	58	113	200	55	3.6	220	67	45	38	211	42	41
302	425	44	64	106										
303	645	35	78	120	550	100	5.5	550	100	20				
304	760	34	187	168	350	53	6.6	520	140	80				
305	207	25	82	78	200	50	4.0	200	50	60	59	200	60	59
306	316	33	70	100	300	80	3.8	340	90	20	13	339	14	13
307	398	33	79	109	380	97	3.9	380	97	10	15	405	10	8
308	308	42	60	110	300	70	4.3	310	72	30	30	312	30	30
309*	189	38	63	95	200	42	4.8	255	52	10	16	253	15	19
310	419	40	85	91	400	80	5.0	415	85	45	40	415	41	40
311	223	34	70	83	200	40	5.0	260	54	50	53	225	61	61
312	310	37	85	93	350	82	4.3	365	90	30	36	318	45	48
313	413	34	93	107										
314	205	35	63	75	200	38	5.3	200	38	60	61	206	59	60
315	300	35	75	82	290	58	5.0	290	58	60	52	360	40	37
316	382	35	95	85	340	100	3.4	340	100	30	30	358	30	24
317	261	35	60	85	250	42	6.0	250	42	50	54	258	52	53
318	380	35	90	109	300	52	5.8	350	67	60	65	367	62	62
319	495	35	112	93	450	100	4.5	470	110	30	40	502	34	33

操業番号	水深計 2 平均沈降速度 水深 d_1 (m)	時間 (分)	速度 (m/分)	到達時間 水深 d_0 (m)	時間 (分)	滞留時間 実測値 T_0 (分)	計算値 T_0' (分)	魚探による 水深 d_1 (m)	実測値 T_1 (分)	計算値 T_1' (分)
301	200	60	3.3	210	66	65	66	235	59	58
302	380	110	3.5	380	110	20	22	441	0	3
303	450	90	5.0	450	90	60				
304	450	90	5.0	610	160	130				
305	180	41	4.4	210	50	75	83	209	83	83
306	300	70	4.3	350	80	50	48	353	48	48
307	400	85	4.7	410	90	50	55	412	57	54
308	300	82	3.7	320	88	50	42	312	45	44
309*	200	40	5.0	220	45	80	82	226	79	80
310	400	62	6.5	430	65	80	77	417	78	79
311	200	42	4.8	250	50	80	72	251	72	72
312	350	77	4.5	475	110	32	37	362	63	64
313	400	72	5.6	420	79	85	80	469	72	70
314	200	34	5.9	270	45	75	68	234	75	75
315	430	100	4.3	430	100	30	27	370	28	42
316	400	83	4.8	400	83	60	66	351	66	77
317										
318										
319	450	102	4.4	520	115	50	49	507	53	53

操業番号	水深計 3 平均沈降速度 水深 (m)	時間 (分)	速度 (m/分)	到達時間 水深 d_0 (m)	時間 (分)	滞留時間 実測値 T_0 (分)	計算値 T_1' (分)	魚探による 水深 d_1 (m)	実測値 T_1 (分)	計算値 T_0' (分)
301	250	75	3.3	250	75	85	83	253	83	82
302										
303	450	90	5.0	450	90	100				
304	450	90	5.0	550	200	140				
305	200	55	3.6	225	70	85	90	226	90	89
306	300	65	4.6	370	83	80	76	370	77	76
307	400	86	4.7	420	95	90	82	422	87	81
308	300	67	4.5	330	73	83	83	312	88	87
309*	200	40	5.0	220	45	135	134	193	139	141
310	400	73	5.5	420	78	90	87	419	88	87
311	200	40	5.0	300	70	80	84	283	88	87
312	350	69	5.1	410	80	80	85	405	86	86
313										
314	200	39	5.1	330	65	75	65	274	77	77
315	500	130	3.8	500	130	25	15	560	15	−2
316										
317	250	55	4.5	275	70	75	75	294	71	71
318	400	90	4.4	400	90	100	94	425	80	88
319										

表1 3) 第4次および第5次航海（幹縄の第2鉢と第3鉢の連結点に水深計を付けた場合）

操業番号	投縄開始地点の水深 (m)	投縄所要時間 (分)	縄待ち時間 (分)	揚縄所要時間 (分)	平均沈降速度 水深 (m)	平均沈降速度 時間 (分)	平均沈降速度 速度 (m/分)	到達時間 水深 d_0 (m)	到達時間 時間 (分)	滞留時間 水深計 T_0 (分)	滞留時間 計算値 T_0' (分)
401*	294	26	65	60							
402	245	24	69	55	240	60	4.0	240	60	42	41
403*	233	26	62	55	240	60	4.0	240	60	45	46
404	170	26	49	58							
405*	125	25	60	89	120	35	3.4	120	35	90	88
501	210	24	82	67	200	60	3.3	200	60	60	58
502*	280	22	106	101	275	70	3.9	275	70	105	100
503	245	24	59	39	225	60	3.8	225	60	25	26
504	240	24	98	42	250	60	4.2	280	70	60	58
505	245	21	75	39	225	55	4.1	225	55	45	45
506	271	22	80	53	250	61	4.1	250	61	50	49
507	260	21	79	50	250	66	3.8	250	66	40	41
508	235	19	93	54	250	55	4.5	250	55	65	66
509*	285	20	98	43	275	70	3.9	275	70	60	61

* 投縄方向の反対に向って揚げた．

100ｍ層までの沈降が遅い（3.2ｍ/分）か100ｍ層で一時沈降が停まる現象が見られた．この深さは水温躍層の深さ[10]に相当する．

No.307（30°27.5′N・127°55.5′E）・No.308（31°00.7′N・128°03.7′E）およびNo.312（31°32.0′N・128°23.4′E）は一はえの玉縄でも部分によって沈降速度が異なる例である．No.307では玉縄の各部分は海面から底層までほぼ一様の速度で沈降したが，その速度は一はえの中でも部分によって異なり，先端部は380ｍに達するのに97分，中央部は410ｍに達するのに90分，末端部は420ｍに達するのに95分かかった．したがって，縄の前半はほぼ同時（投縄開始約110分後）に着底したと考えられる．No.312における縄の沈降速度は先に投入された部分ほど遅く，中央部の着底水深が深いため，投縄開始約90分後に先端部が着底し，その20分後に末端部が，さらに15分遅れて中央部が着底したと考えられる例である．

No.311（31°30.7′N・128°20.9′E）は，沈降速度が低下する層の有無とその深さが一はえの中でも部分によって異なる例である．

No.402・No.403・No.405・No.501〜No.509は，25°〜27°N・123°〜125°45′Eの水深120〜300ｍの漁場で測定した例である．これらでは100ｍ以浅で沈降が著しく速くなる現象（例えばNo.405の20ｍまで，No.505の100ｍまで，No.508の50ｍまで）と，数分から10分程度の間ほとんど沈降しなくなる現象（例えばNo.501の10ｍ，No.504の20ｍ，No.505とNo.508の100ｍ）が見られた．操業記録によればこれらのうち50ｍ以浅で一時沈降しなくなる現象の原因は投縄作業のトラブルによると考えられない．100ｍ付近で起こるこのような現象が水温の垂直分布と関係がある可能性が次の水温観測の結果から示唆される：この海域において同時に行われたＸＢＴによる水温観測によって，海面から100ｍまでの間はほとんど水温が変らないが，100ｍと200ｍの間に水温躍層があることが観測された[10]．

海面から海底までを深度50ｍごとに区切り，一時的に沈降が停まる部分を除いて各深度区間における沈降速度を求めると，その分布は4〜5 m/分をモードとし，2 m/分から7 m/分までにわたった．

表2　投縄開始地点の水深（x：100 m単位）に対する
投縄所要時間＋縄待ち時間（y：時間）の1次および2次回帰式
$y=a_{1.0}+a_{1.1}x$ および $y=a_{2.0}+a_{2.1}x+a_{2.2}x^2$

航海次	投縄開始水深（m）		$a_{1.0}$	$a_{1.1}$	F_0	$a_{2.0}$	$a_{2.1}$	$a_{2.2}$	F_1	F_2	F_e	データ数
	最浅	最深										
1	237	270	4.08	−0.962	0.460	122.60	−94.382	18.3667	41.414	179.095	110.255	4
2	225	318	1.91	−0.038	0.004	− 4.73	4.883	−0.9021	0.003	0.187	0.095	7
3	205	760	1.07	0.250	29.082**	1.78	− 0.124	0.0420	33.020**	3.302	18.161**	19
4	125	294	1.19	0.117	2.277	1.48	− 0.190	0.0739	1.643	0.164	0.903	5
5	210	285	1.04	0.298	0.715	11.38	− 8.038	1.6666	0.758	1.418	1.088	9
1,2 4,5	125	318	1.10	0.241	2.420	0.51	0.798	−0.1245	2.343	0.272	1.308	25

3.　縄待ち時間の長さ

1979年1月に宮古礁の水深150 mから300 mまでの漁場において行った調査では，同じ構造の玉縄が順調に沈降した時の速度は10 m/分よりやや遅いが，条件によってはその半分以下の速度に低下することもあることがわかった[12]．この報告に用いた資料（1979年9月から12月まで）では上記の結果に基づいて縄待ち時間を調節したので，この時間は5鉢の幹縄を用いた場合は49分から137分まで，10鉢の幹縄を用いた場合は60分から187分までであった．一般に，玉縄は投縄開始地点より投縄終了地点に向って揚げられるので，投縄開始地点の水深に対する（投縄所要時間＋縄待ち時間）の長さの1次と2次の回帰式を求め表2に示した．第3次航海以外において，この時間の長さが水深に対して有意とみなせる回帰関係を示さなかったのは，操業時の水深の変化幅が少なかったためと考えられる．第3次航海の結果では有意とみなせる1次式が得られた．この式によれば，水深200 mの漁場におけるこの時間の長さは95分，以後100 m当り15分ずつ長くなり，水深800 mの漁場で3時間となる．平均沈降速度を4 m/分とみなせば，水深200 mの漁場では縄の揚げ始めの部分は45分間海底にあったことになり，水深800 mの漁場では平均沈降速度が4.4 m/分より遅ければ着底前に揚げられることになる．

縄が沈降中に深みに流されることや，縄を投縄方向の反対に向って揚げることがある．これらの場合について考察を加える．平均5 m/分の速度で沈降するとすれば，水深500 mの漁場で投入された縄は200 m以上深みに流されると着底前に揚げられることになる．しかし，平均4 m/分の速度で沈降するとすれば，水深400 mの漁場で投入された縄は深度増加100 m，水深500 mの漁場では深度増加60 mが着底する限度である．投縄方向の反対に向って揚げる場合に平均5 m/分の速度で沈降するとすれば，水深200 m漁場では着底の20分後，水深500 mの漁場では着底の5分後に揚げられることになる．

水深200 mの漁場に投入された縄は100 m深みに流されても着底するが，水深500 mの漁場で投入された縄は25 m以上深みに流されると着底前に揚げられることになる．平均4 m/分の速度で沈降するとすれば，この式に示す縄待ち時間では300 m以深の漁場に投入された縄は着底前に揚げられたことになる．

4.　玉縄の各部の底層滞留時間

自記水深計の記録によれば，幹縄は海底付近で沈降速度が急に低下し，その後深さは変らなくなる．この水深を着底水深とみなし，沈降速度が低下しないまま沈降しつづけたと仮定したときにこの水深に達したと考えられる時刻を着底時刻とする（沈降を示すグラフ――例えば図1――より求める）．投入時刻と着底時刻の時間間隔が着底までに要した時間で，これを表1―2）と3）の到達時間の項に示した．離底時刻も同様にグラフより求める．着底時刻と離底時刻の時間間隔を（底層）滞留時間とみなし，これらの表の底層滞留時間の実測値の項（T_0）に示した．

水深計が付いていない部分の底層滞留時間を，平均沈降速度・投・揚縄中の魚探記録および各作業時間を

用いて推定できるかどうかを調べるため，水深計を付けた部位における底層滞留時間を次の方法によって推定した．

揚縄中の魚探記録と平均沈降速度による推定（T'_1）……一はえの玉縄の両端に付けを錨を投入した時刻を t_{a1} および t_{a2} とする．n 鉢の幹縄よりなる一はえの玉縄の第 i 番目の鉢の第 j 本目の枝縄が投入された時刻 t'_{ij} は次の式で推定できる．

$$t'_{ij}=t_{a1}+\{11(i-1)+j\}(t_{a2}-t_{a1})/11n$$

揚縄中，縄が順調に揚がった場合には各鉢の連結点が揚がった時刻に魚探記録にマークを付け，相隣るマークの間を11等分し，各枝縄が揚がった時刻を推定する．揚縄速度が低下した場合には各枝縄が揚がったときにマークを付ける．それぞれのマークの間隔は幹縄が50 m揚げられるに要した時間の長さである．先に述べたように，揚縄中の水深の変化は幹縄を揚げる速度とほぼ等しい．したがって，揚縄中の魚探記録に水深50 m間隔の線を引き，k 本前の枝縄（幹縄の連結点の数も含む）が揚がったときのマークより下した垂線と深度 50km の線との交点を次々に結ぶ．（水深を dm とすれば k は0から d/50まで）．この線と海底記録の交点が，その枝縄（または連結点）が海底から離れたと推定される時刻で，そのときの水深が各枝縄の設置水深である．このようにして推定された投入時刻と離底時刻の時間間隔から，投入後縄が着底するまでに要した時間の長さを引けば，各部分の底層滞留時間の長さを求められる．このようにして推定した値を，表1－2）の魚探記録による底層滞留時間の実測値 T_1 の項に示す．この際，沈降に要した時間は水深計を用いて測定した平均沈降速度と揚縄中の魚探記録より推定した設置水深の値より求める．一はえに1器の水深計を付けた場合は，縄全体が水深計の示す速度で沈降したとみなす．3器の水深計を付けを場合には3点の沈降速度が求められるので，相隣る2器の水深計によって測定された平均沈降速度の差を，その間にある（枝縄の本数)+(鉢の連結点の数）に割りふり，各枝縄（または連結点）の平均沈降速度とみなす．

揚縄所要時間・平均沈降速度および設置水深による推定（T'_0 および T'_1）……揚縄中の魚探記録による推定法では，各部分が海底から離れた時刻と設置水深は魚探記録より求められるが，着底する時刻は水深計によって求めた平均沈降速度を用いなければ求められない．根がかり等のために揚縄速度が部分的に低下してもあまり長時間にわたらないので，全揚縄所要時間に対する部分的な遅れの比率は小さく，縄全体が等速度で揚げられたとみなしても離底時刻の推定値に含まれる誤差は小さい．したがって底層滞留時間を求める際には平均沈降速度と設置水深の誤差より生じる沈降時間の誤差の方が大きい．設置水深が深いときや流れがある場合は揚縄速度が遅いが，このようなときは一はえの全般にわたって遅く，ここで扱う部分的な速度の低下の問題と異なる．したがって幹縄が等速度で揚がったと仮定すれば，幹縄の第 i 番目の鉢の第 j 本目の枝縄の底層滞留時間 T'_{kij} は次の式で求められる．

$$T'_{kij}=\{11(n-i+1)-j\}t_1/11n+t_2+\{11(i-1)+j\}t_3/11n-t_4-t_5$$

投縄方向の反対に向って揚げた場合の T'_{kij} は次の式で求められる．

$$T'_{kij}=\{11(i-1)+j\}(t_1+t_3)/11n+t_2-t_4-t_5$$

ただし，n は一はえの玉縄に用いた幹縄の鉢数，t_1 は投縄所要時間，t_2 は縄待ち時間，t_3 は揚縄所要時間，t_4 は沈降に要した時間で，水深を dm・平均沈降速度を vm/分とすれば d/v，t_5 は引き揚げに要した時間で $dt_3/550n$.

k は d として自記水深計による値を用いたとき0，魚探記録による値を用いたとき1とする．

d として水深計による値（d_0）と魚探記録による値（d_1）の2つがあるので，d_0 を用いて求めた値を T'_0，d_1 を用いて求めた値を T'_1 とし，表1－2）および3）の底層滞留時間の計算値および魚探記録による計算値の項に示した．

表1－2）に示すように，T_1 と T'_1 はほとんど等しい．d_0 と d_1 がほぼ等しい場合には T_0 と T_1 はほぼ等しい．また次に述べるように T'_1 が負になる（着底前に揚げられた）と推定された部分では底魚類の漁獲が見られないので，T'_1 の誤差は小さいと考えられる．

以上述べたように，玉縄の各部分の底層滞留時間の長さ T'_1 は，水深計によって測定した設置水深と魚探記録より推定した設置水深が大きく違わない限り T_0 に近い値をとり，T_0 および T'_0 は水深計を付けなかった部分では求められないので，T_0 の代りに T'_1 を用いて以下の論議を進める．

No.101～No.104およびNo.201～No.207では水深計を付け

表3 玉縄各部の底層滞留時間（x 時間）に対する漁獲尾数（y 尾／枝縄）の1次および2次回帰式

$y=a_{1.0}+a_{1.1}x$ および $y=a_{2.0}+a_{2.1}x+a_{2.2}x^2$

操業番号	魚種	揚縄水深（m） 揚げ始め	揚縄水深（m） 揚げ終り	滞留時間（分） 揚げ始め	滞留時間（分） 揚げ終り	N'	$a_{1.0}$	$a_{1.1}$	F_0	$a_{2.0}$	$a_{2.1}$	$a_{2.2}$	F_1	F_2	F_e
101†		180	131	56	145										
102†		(250)	(250)	−13	135										
103†	マアジ	300	270	−22	72	6	0.15	0.32	2.115	0.10	−0.29	1.50	2.788**	79.192**	50.990**
	ゴマサバ					5	0.05	0.39	4.251	0.06	0.53	−0.16	3.770	0.096	1.933
	枝糸切断					2	−0.11	1.22	7.200*	−0.19	−0.84	2.49	15.078**	9.753*	12.416**
104		400	511	−17	35										
201		(260)	(550)	89	48										
202	ユメカサゴ	282	265	16	64	5	0.32	−0.13	0.065	−0.89	3.98	−3.06	0.070	1.687	0.878
203	ユメカサゴ	345	305	10	87	3	0.08	0.17	0.234	−0.73	2.77	−1.62	0.285	2.729	1.507
	ムツ					2	0.03	0.26	0.303	−0.88	3.19	−1.82	0.333	1.770	1.051
204	サバフグ	325	279	0	49	9	0.48	0.46	0.444	0.64	−0.75	1.48	0.399	0.190	0.295
205	ツノザメ	230	248	32	68	7	0.21	0.11	0.039	6.56	−15.63	9.34	0.131	20.116**	10.124**
	ユメカサゴ					3	−0.73	1.18	2.042	0.71	−2.39	2.12	1.818	0.125	0.972
	ソコホウボウ					7	2.12	−1.96	16.863**	0.42	2.25	−2.50	15.918**	0.552	8.235*
	枝糸切断					1	−0.09	0.34	0.077	−5.61	14.01	−8.11	0.076	0.914	0.495
206	ツノザメ	300	321	18	57	4	1.33	−1.42	1.127	8.39	−25.71	19.30	7.469*	46.012**	26.741**
	ユメカサゴ					6	0.76	−0.66	0.585	−0.39	3.31	−3.15	0.542	0.412	0.477
207†	ツノザメ	(285)	(255)	17	99	10	−0.34	1.66	15.082**	1.19	−2.02	1.87	18.767**	2.955	10.861**
	ユメカサゴ					6	0.53	−0.34	5.949*	0.39	0.02	−0.18	5.346	0.188	2.767
	オアカムロ					3	−0.38	0.60	2.547	0.84	−2.32	1.49	2.925	2.188	2.557
301	サバフグ	210	258	35	88	5	0.46	−0.35	6.865*	0.52	−0.47	0.06	6.014*	0.008	3.011
302	カサゴ類	430	350	−25	62	2	0.07	0.61	15.706**	0.00	0.25	0.76	31.186**	8.885*	20.036**
	枝糸切断					1	0.18	2.87	11.306**	−0.28	0.30	5.45	128.908**	84.214**	106.561**
305	サバフグ	200	232	53	89	8	−0.18	0.35	0.582	−4.00	6.71	−2.57	0.553	0.598	0.576
306	サバフグ	339	372	3	84	8	0.05	0.12	1.713	0.15	−0.21	0.23	1.633	0.627	1.130
307	サバフグ	405	425	−5	88	8	0.82	−0.64	17.860**	1.07	−1.71	0.74	28.234**	5.647*	16.940**
308	サバフグ	312	312	26	97	8	0.09	0.20	0.969	−0.45	1.44	−0.63	0.940	0.762	0.851
	枝糸切断					9	1.15	−0.45	1.149	0.13	1.95	−1.22	1.094	0.618	0.856
309†	サバフグ	251	186	5	156	6	−0.03	0.10	9.178*	0.09	−0.17	0.10	15.147**	6.204*	10.676**
	ツノザメ					5	0.01	0.07	1.463	0.02	0.04	0.01	1.282	0.012	0.647
	ヨリトフグ					5	0.10	0.03	0.142	−0.18	0.62	−0.22	0.198	4.201	2.199
	枝糸切断					3	−0.24	0.32	3.051	0.41	−1.07	0.52	4.470	4.721	4.596
310	フジクジラ	415	420	29	89	10	3.41	−1.78	13.970**	3.88	−2.76	0.47	12.303*	0.045	6.174*
	カサゴ類					9	0.66	−0.36	3.526	−0.89	2.90	−1.55	5.587	5.677*	5.632*
311	フジクジラ	221	291	57	91	6	−3.87	3.69	10.869*	3.99	−9.28	5.26	10.080*	0.419	5.249*
	サバフグ					10	−0.59	0.68	4.270	−0.22	0.08	0.24	3.741	0.010	1.876
	ツノザメ					6	3.19	−2.36	8.378*	21.61	−32.77	12.34	17.704**	9.906*	13.805**
	アカムツ					5	1.43	−1.06	8.604*	9.78	−14.83	5.59	19.651**	11.273*	15.462**
	枝糸切断					7	−0.19	0.41	0.552	−4.63	7.74	−2.97	0.522	0.568	0.545
312	フジクジラ	318	413	41	92	10	2.82	−0.30	0.081	−1.20	7.26	−3.40	0.075	0.461	0.268
	カサゴ類					8	0.04	0.31	0.296	−6.58	12.75	−5.60	0.582	8.732*	4.657
	サバフグ					5	0.54	−0.36	1.346	2.64	−4.31	1.78	1.469	1.727	1.598
	枝糸切断					2	−0.43	0.48	3.120	−0.23	0.10	0.17	2.737	0.016	1.376

操業番号	魚種	揚縄水深(m) 揚げ始め	揚縄水深(m) 揚げ終り	滞留時間(分) 揚げ始め	滞留時間(分) 揚げ終り	N'	$a_{1.0}$	$a_{1.1}$	F_0	$a_{2.0}$	$a_{2.1}$	$a_{2.2}$	F_1	F_2	F_e
313	フジクジラ	424	502	42	100	9	5.47	−3.81	15.686**	18.91	−27.93	10.24	85.442**	36.575**	61.008**
	カサゴ類					7	0.67	−0.45	5.056	1.82	−2.50	0.87	5.156	1.159	3.157
314	フジクジラ	205	290	55	75	4	−1.63	1.54	1.750	13.12	−24.66	11.50	1.690	0.727	1.208
	カサゴ類					9	0.49	0.14	0.007	−24.09	43.79	−19.17	0.007	1.142	0.575
	ツノザメ					6	1.09	−0.77	0.990	27.40	−47.48	20.51	2.675	14.624**	8.649*
	枝糸切断					4	3.73	−2.80	1.941	−39.98	74.82	−34.09	2.346	2.668	2.507
315		386	570	30	−4										
316	フジクジラ	359	376	7	96	10	1.25	−0.18	0.175	2.12	−2.62	1.32	0.178	1.150	0.664
	カサゴ類					9	1.22	−0.68	8.883*	0.31	1.85	−1.37	17.842**	9.069*	13.455**
	アラ					4	0.35	−0.23	4.164	0.13	0.38	−0.33	4.210	1.088	2.649
	枝糸切断					3	0.86	−0.59	6.213*	0.74	−0.26	−0.18	5.486	0.064	2.775
317	サバフグ	258	282	49	76	9	−0.88	1.04	3.043	0.53	−1.71	1.32	2.680	0.045	1.362
	枝糸切断					6	−1.83	2.26	1.477	−11.44	20.92	−8.92	1.333	0.219	0.776
318	フジクジラ	367	439	56	89	9	1.32	−0.75	2.087	2.47	−2.60	0.73	1.832	0.024	0.928
	カサゴ類					8	0.46	−0.03	0.001	−7.00	11.99	−4.71	0.001	0.531	0.266
	サバフグ					2	1.49	−1.03	4.368	14.69	−22.32	8.35	7.723*	7.146*	7.434*
	枝糸切断					4	−5.37	4.93	5.740*	30.23	−52.47	22.51	6.364*	1.870	4.117
319	フジクジラ	502	510	28	78	10	1.79	−1.33	21.230**	2.75	−3.68	1.34	21.260**	1.011	11.136**
401†	ゴマサバ	(219)	(294)	5	71	5	0.55	−0.41	1.507	−0.05	1.78	−1.51	1.722	2.144	1.933
	枝糸切断					2	1.13	−1.05	2.593	1.22	−1.35	0.21	2.271	0.008	1.140
402	ハナフエダイ	(245)	(224)	27	64	6	−0.25	0.69	1.420	−3.11	8.66	−5.24	1.643	2.260	1.952
403†	ハナフエダイ	(213)	(233)	4	80	6	−0.10	0.97	4.580	−0.96	4.29	−2.36	6.124*	3.698	4.911*
	ハマダイ					4	−0.24	0.65	8.303*	0.14	−0.77	1.01	9.734*	2.379	6.056*
404		(170)	(150)	29	66										
405†		(125)	(130)	19	132										
501	ハナフエダイ	189	210	45	81	10	2.81	−1.79	2.261	−10.02	23.27	−11.90	2.770	2.801	2.785
	ハマダイ					5	−1.82	2.23	12.797**	−4.47	7.40	−2.46	11.719*	0.326	6.022*
	チカメキントキ					8	1.63	−0.83	0.372	−19.94	41.28	−20.00	0.837	11.024*	5.931*
	ヒメダイ					8	1.95	−1.32	2.126	1.41	−0.25	−0.51	1.862	0.006	0.934
502†	フジクジラ	295	280	20	147	9	1.70	−0.50	2.295	1.29	0.23	−0.26	2.056	0.164	1.110
	カサゴ類					9	0.70	0.16	0.044	−1.60	4.24	−1.46	0.040	1.085	0.565
	枝糸切断					3	−1.17	1.47	4.496	3.05	−6.05	2.69	8.676*	8.437*	8.556*
503		245	245	14	29										
504	ツノザメ	275	301	52	63	8	−21.87	23.91	12.190**	291.12	−630.69	341.42	38.977**	18.579**	28.778**
	枝糸切断					2	17.90	−17.97	3.744	327.32	−665.11	337.53	5.337	4.403	4.870*
505	ツノザメ	250	231	31	54	8	2.94	−2.66	1.009	−19.94	63.43	−46.55	1.348	3.695	2.522
	ハナフエダイ					4	−2.83	4.60	10.416*	15.62	−48.69	37.54	40.893**	24.407**	32.650**
	ハマダイ					4	−2.02	3.56	2.614	−10.03	26.69	−16.29	2.437	0.457	1.447
	枝糸切断					4	11.81	−14.71	3.566	73.59	−193.16	125.69	4.406	2.882	3.644
506	ツノザメ	266	252	32	67	10	−0.36	3.13	3.813	3.73	−7.22	6.28	3.489	0.320	1.905
	枝糸切断					6	1.46	−0.93	0.346	5.46	−11.03	6.14	0.317	0.316	0.316
507	ツノザメ	255	261	28	55	9	0.61	−0.13	0.021	7.58	−21.20	15.43	0.031	4.828	2.430
	ソコホウボウ					6	−0.27	0.68	1.275	1.64	−5.08	4.22	1.201	0.541	0.871
508	ツノザメ	220	228	59	92	9	8.51	−4.87	10.555*	−12.73	29.05	−13.31	11.420*	1.656	6.538*
	枝糸切断					6	−4.48	4.24	4.331	14.45	−25.99	11.87	4.129	0.628	2.378
509†	ユメカサゴ	290	295	20	81	8	0.75	−0.38	1.407	−0.41	2.79	−1.89	1.771	3.072	2.421

† 投縄方向の反対に向って揚げた． N'……0を除いだデータの数
揚縄水深のうち（ ）のついた値は投縄水深
F_0……$a_{1.1}$ に対する F の値 F_1……$a_{2.1}$ に対する F の値
F_2……$a_{2.2}$ に対する F の値 F_e……2次式に対する F の値
＊0.05の水準で有意とみなせる
**0.01の水準で有意とみなせる

なかったので，No.401〜No.509における沈降速度で最も多かった 4 m/分をこれらの例における沈降速度と仮定した．

各例の揚げ始めと揚げ終りの T'_1 を表3に示す．この表によれば，揚げ始めの部分の底層滞留時間は，−25分（着底予定時刻の25分前に揚げられた）（No.302）から89分（No.201）までにわたる．42例（44例あるが，先に述べたようにNo.303とNo.304は着底しなかったと考えられるので除く）中5例では，揚げ始めの部分は着底する前に揚げられたことになる．これらのうち，No.102とNo.103の投縄所要時間と縄待ち時間の長さは他の例のそれらと変らない．しかし，投縄方向の反対に向って揚げたために，着底する前に揚げられたと考えられる．計算によれば，揚げ始めから数えてそれぞれ5本目までと10本目までの枝縄は着底する前に揚げられたことになり，いずれの例でも10本目までの枝縄には底魚類の漁獲は見られなかった．No.104の揚げ始めの部分は水深270 mの漁場に投縄されたが，130 m深みの水深400 mの地点まで流されたため，着底前に揚げられたと考えられる．計算によれば，揚げ始めより数えて17本目までの枝縄は着底する前に揚げられたことになり，11本目までの枝縄には底魚類の漁獲が見られなかった．No.302とNo.307の各作業時間の長さは他の例と変らなかったが，投縄水深が他より深く，425 mと400 mであったために縄待ち時間が不足し，揚げ始めの部分は着底前に揚げられたと考えられる．計算によれば，それぞれ揚げ始めから50本目までと5本目までの枝縄は着底する前に揚げられたことになり，底魚類の漁獲は85本目までおよび90本目までの枝縄には見られなかった．

最後に揚げられた部分の底層滞留時間は，5鉢の幹縄を使用し，投縄方向に向って揚げた場合35分（No.104）から87分（No.203）まで，投縄方向の反対に向って揚げた場合71分から145分（No.101）まで，10鉢の幹縄を使用し，投縄方向に向って揚げた場合着底予定時刻の4分前（No.315）から100分後（No.313）まで，投縄方向の反対に向って揚げた場合には156分（No.309）と変化が大きい．No.315の揚げ終りの部分が着底する前に揚げられたのは，水深300 mから360 mの漁場に投縄中に水深が深くなり570 mになったためで，底魚類の漁獲は36本目以降の枝縄には見られなかった．この例では，末端部に付けた水深計によれば着底水深は500 mで，底層滞留時間は25分であった．しかし，魚探記録では560 mより揚げられたことになり，No.303・No.304と同様500 m層にとどまったまま着底しなかった可能性が考えられる．

一はえの玉縄の両端の底層滞留時間の差は，5鉢の幹縄を投縄方向に向って揚げた場合は揚げ終りの方が41分短い例（No.201）から77分長い例（No.203）まで，投縄方向の反対に向って揚げた場合は66分（No.401）から148分長い例（No.102）まであった．10鉢の幹縄を投縄方向に向って揚げた場合は揚げ終りの方が34分短い例（No.315）から93分長い例（No.307）まであった．投縄方向の反対に向って揚げた場合は揚げ終りの方が151分長かった．

揚げ終りの部分の底層滞留時間の長さは，平坦な漁場において投縄方向に向って揚げた場合は（揚縄所要時間−投縄所要時間）だけ，投縄方向の反対に向って揚げた場合は（投縄所要時間＋揚縄所要時間）だけ長くなるはずである．一般に揚縄所要時間は投縄所要時間より長い．しかし，No.201とNo.315の2例では揚げ終りの底層滞留時間の方が揚げ始めのそれよりも短い．これは揚げ終りの方がそれぞれ290 mおよび180 m深くなったためである．

5．底層滞留時間の長さと漁獲尾数との関係

漁獲尾数が底層滞留時間の増加に伴って増加するとすれば，漁獲尾数は滞留時間に対し正の1次の回帰関係を示すはずである．しかし，滞留時間が長くなると漁獲を減少させる要因の影響が現われるとすれば，漁獲尾数は滞留時間に対し負の2次の関係を示し，揚げ始めの部分でも滞留時間が長すぎた例では負の1次の関係を示すと考えられる．

前項に述べたように，一はえの各部分の底層滞留時間の長さは，投縄所要時間・縄待ち時間・揚縄所要時間・沈降速度・揚縄速度および各部分が着底した水深によって変り，一はえの中でも先に揚がった部分の滞留時間が後から揚がった部分のそれよりも必ずしも短いと限らない．したがって，揚げ始めから揚げ終りに向って漁獲尾数が増加する傾向を示しても，滞留時間の増加に従って漁獲尾数が増加すると限らない．すなわち，滞留時間の長さと漁獲尾数の関係は，一はえの玉縄をいくつかの区分に等分し，各区分における滞留時間の長さに対する漁獲尾数の回帰関係として取り上

表4　玉縄各部の底層滞留時間（x 時間）に対する漁獲尾数（y 尾／枝縄）の1次および2次回帰式の分類

1)　1次式および2次式の組合せによる分類

1次式 2次式	0 0		− 0		+ 0		0 −		0 +		− −		− +		+ −		+ +	
マアジ										1,19↓								
ゴマサバ		2																
サバフグ	5	2	1											1,70↓				1,50↓
ヨリトフグ		1																
オアカムロ		1																
ユメカサゴ	3	2		1														
カサゴ類	4	1					1,56↑					1,41↑					1,39↓	
ハナフエダイ	2	1																
ソコホウボウ	1		1															
ハマダイ	1				1	1												
チカメキントキ							1,62↑											
ヒメダイ	1																	
アカムツ													1,80↓					
ムツ		1																
アラ		1							40↓									
ツノザメ	3	1	1			1			3,50↓				1,80↓				1,55↓	
フジクジラ	3	2	1	1	1				69↓				1,82↓					
枝糸切断	6	2		1	1					1,67↓								

0……0.05の水準で有意とみなせない
+……0.05の水準で有意とみなせる．$a_{i \cdot i}$は正
−……0.05の水準で有意とみなせる．$a_{i \cdot i}$は負

各欄の左の数字は揚げ始めの部分と揚げ終りの部分の底層滞留時間の差が60分以下の例数，右の数字は60分以上の例数
コンマの後の数字は，極大（↑）または極小（↓）になる時間（分）

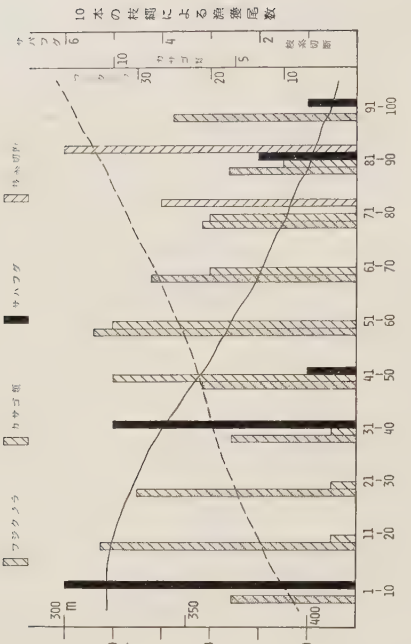
2)　1次式による分類

	−		(−)		(+)		+	
マアジ						1		
ゴマサバ				1		1		
サバフグ	1	1	1		4	2		1
ヨリトフグ						1		
オアカムロ						1		
ユメカサゴ		1	2	1	1	1		
カサゴ類		1	2	1	2	1		
ハナフエダイ			1		1	1	1	
ソコホウボウ	1				1			
ハマダイ					1		1	1
チカメキントキ			1					
ヒメダイ			1					
アカムツ	1							
ムツ								
アラ				1				
ツノザメ	2		4		2	1	1	1
フジクジラ	2	1	2	2	1		1	
枝糸切断		1	3	1	3	2	·1	

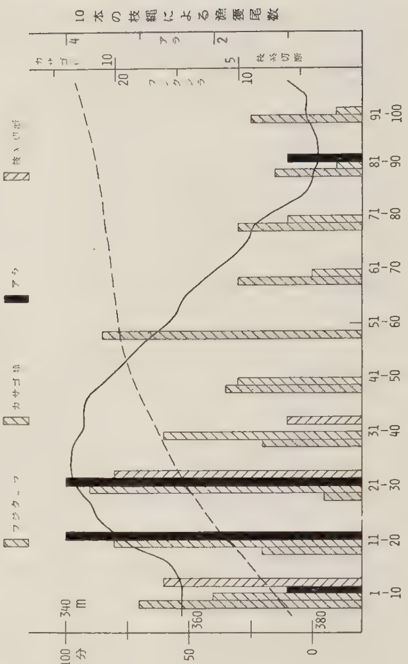
3)　2次式による分類

	−		(−)		(+)		+	
マアジ								1
ゴマサバ				2				
サバフグ			1	1	5	1		2
ヨリトフグ				1				
オアカムロ						1		
ユメカサゴ			2	3	1			
カサゴ類		2	3	1	1			
ハナフエダイ			2	1			1	
ソコホウボウ			1		1			
ハマダイ			2			1		
チカメキントキ	1							
ヒメダイ			1					
アカムツ							1	
ムツ								
アラ				1				
ツノザメ			2		2	2	5	
フジクジラ			1	1	4	2	1	
枝糸切断			3	2	4	1		1

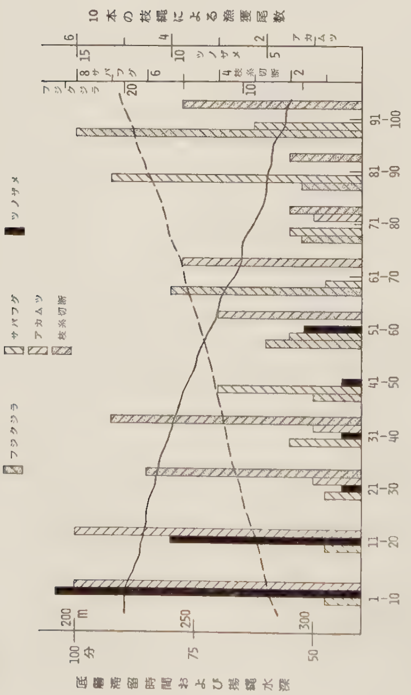
−……$a_{i \cdot i}$ が負で，しかも i 次式が0.05の水準で有意とみなせる例数
(−)……$a_{i \cdot i}$ が負で，しかも i 次式が0.05の水準で有意とみなせない例数
(+)……$a_{i \cdot i}$ が正で，しかも i 次式が0.05の水準で有意とみなせない例数
+……$a_{i \cdot i}$ が正で，しかも i 次式が0.05の水準で有意とみなせる例数
各欄の左は60分以下，右は60分以上の例数



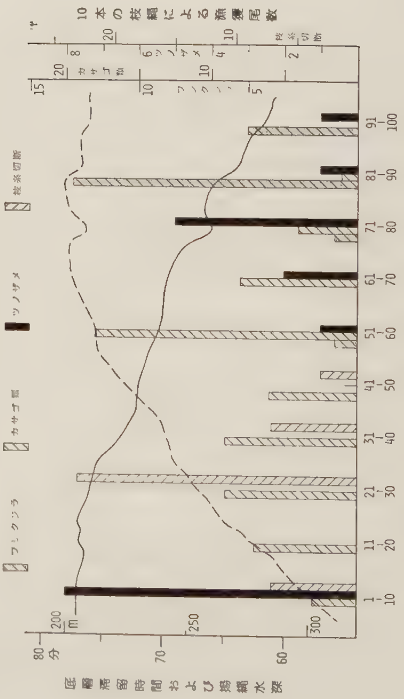
No.312



No.316



No.311



No.314

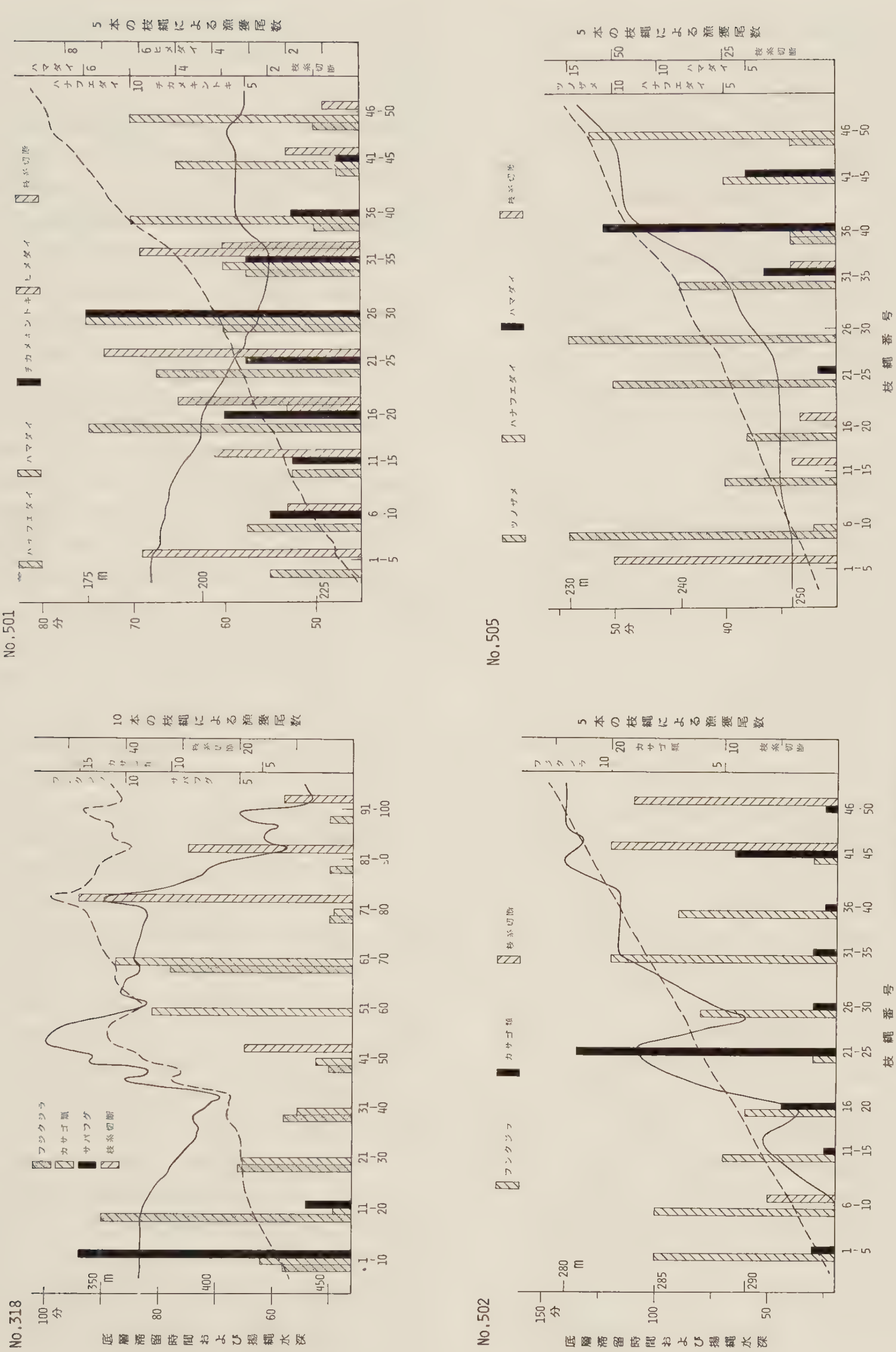


図2 玉縄各部の底層滞留時間と漁獲尾数の関係
—— 揚縄水深
…… 底層滞留時間（投・揚縄速度・沈降速度・水深より推定）

げなければならない．

一はえの玉縄を10の区分に分け（5鉢の幹縄を用いた場合には枝縄5本ずつ……釣針50本，10鉢の枝縄を用いた場合には10本ずつ……釣針100本），一はえに5尾以上の漁獲が見られた魚種について，各区分の中心の底層滞留時間（$T_1'=x$）に対する枝縄1本当りの漁獲尾数の1次および2次回帰式を求め，表3に示した．また，T_1'・揚縄水深および漁獲尾数の変化を図2に示した．各魚種の漁獲尾数の i 次回帰式の符号と，回帰式が有意とみなせるかどうか（2次回帰式については，2次回帰項と2次式が共に有意とみなせる場合だけを有意とみなす）によって分けた頻度分布を表4に示した．この際，0以外の値が1個または2個より求めた式は表4から除外した．

これらの表に示すように，ハマダイの漁獲尾数は底層滞留時間の長さに対し正の1次の回帰関係を示す傾向があるが，それ以外の魚種の漁獲尾数の回帰関係には一定の傾向が見られない．しかし，この結果から，底層滞留時間が長くなっても漁獲尾数が増加しないと結論する前に，次の諸点について考察を加えなければならない：

(1)　一はえの中の最長滞留時間が短かすぎたり，最短滞留時間が長すぎたりしないか……最長滞留時間が短かすぎる（特に着底前に揚げられる）と，漁獲尾数は滞留時間の長さと無関係であっても，みかけ上正の1次の回帰関係を示す．また，最短滞留時間が長すぎて漁獲の脱落と枝糸切断が増えると負の2次または1次の回帰関係を示す．したがって，他の例と異なる回帰関係を示す例では，一はえの中の最長滞留時間と最短滞留時間が他の例とかけはなれていないかどうかを調べなければならない．

(2)　一はえの中で底層滞留時間の部分による差が小さすぎないか……滞留時間の偏差が小さい例は，滞留時間と漁獲尾数の関係を調べるのに適当でない．揚げ始めの部分の設置水深が対象とする魚種の生息水深より深く（あるいは浅く），設置水深が次第に深くなるため滞留時間の偏差が小さいとすれば，漁獲尾数の滞留時間に対するみかけの回帰関係は，漁獲尾数の水深に対する回帰関係を表わす．

(3)　揚縄水深および海底の傾斜……底魚類の分布は水深によって変る．したがって，例えば揚縄水深が対象とする魚種の生息水深より深く，しかも次第に浅くなるとすれば，漁獲尾数が滞留時間の増加にしたがって増加しても，それは滞留時間の増加のためか深度のためか判断できない．

(4)　底魚類の分布は水深の他に底質と地形の影響を受ける．玉縄を同じ水深に設置しても，対象とする魚種の分布密度が高い底質・地形に一はえの中の一部分が設置されれば，その位置によっては釣獲率が滞留時間の長さと関係なくても，みかけ上滞留時間に対し有意とみなせる回帰関係を示すことがある．

(5)　同時に漁獲された他魚種および枝糸切断の分布による対象魚種の分布の変型[11]の可能性……例えばフジクジラ・カサゴ類のような小型魚はツノザメ・アラのような大型魚が先にかかった枝縄にはかかりにくいと考えられる．これと反対に，先にフジクジラ・カサゴ類がかかっている枝縄は魚がかかっていない釣針の数が減少するので，後からくる大・中型魚の漁獲が減少する可能性と，捕食するために漁獲が増加する可能性の両方が考えられる．また，枝糸切断が多い部分では漁獲は減少する．したがって，目的とする魚種の分布について考察を加えるためには，他魚種の漁獲分布を併せて考えなければならない．

(6)　底層滞留時間がある程度の長さであると推定されても着底しない部分がある可能性……底魚類の漁獲が全くなく，しかも枝糸切断も全く見られない部分は，何らかの理由で着底しなかった可能性がある．特に推定設置水深が400ｍを超えた部分・水深計の示す設置水深が魚探記録による水深より大幅に浅い部分（例えばNo.315の揚げ終りの部分・No.303およびNo.304）・揚縄中の魚探記録に起伏が多い部分については，この点を十分検討しなければならない．

(7)　深みまたは浅みに流された可能性……投縄水深と揚縄水深が著しく異なる場合は，縄の各部が実際にどの水深に着底したか疑問であり，滞留時間の推定には揚縄中に得た魚探記録より推定した水深を用いたので，推定した滞留時間は正確さが欠ける．

(8)　漁獲尾数の底層滞留時間に対する回帰式は，一はえに5尾以上の漁獲が見られた魚種について求めた．漁獲尾数が十分多くないか漁獲が特定の部分に集中する傾向を示す場合は，その部分と漁獲が0の区分の分布の関係で，小さい自然数と0よりなる数列より回帰式を求めることになり，有意とみなせる回帰式が得にくい．

(9) 投縄時刻と縄待ち時間が日出前から始まるか日没後に及ぶか……一般に底延縄類の投縄時刻は日出から日没まで，または昼夜に関係ない．1979年1月に宮古礁において立縄を用いて釣獲率の日周期変化を調べた結果によれば，この海区の玉縄とほぼ同じ魚種が漁獲されたが，サメ類以外の漁獲は昼間に多かった[12]．したがって，滞留時間が日出前か日没後にかかる場合はその影響を考慮する必要がある．

これらの諸要因によって，漁獲尾数の底層滞留時間に対する回帰関係が変る可能性に関する検討と，その結果得た漁獲尾数と底層滞留時間の関係に関する結論を以下に述べる．

マアジ——投縄方向の反対に向って揚げたNo.103だけで漁獲された．この魚種が見られたのは，揚げ始めから数えて2本目から10本目までと34本目から49本目までの枝縄の2か所であるため，滞留時間19分における漁獲尾数を極小とする有意とみなせる2次式が得られた．しかし，12本目までの枝縄には底魚類の漁獲がみられず，T_1' が負になるので，12本目までの枝縄は着底前に揚げられたと考えられる．この魚種は群を形成しやすくしかも必ずしも底層でかかると考えられないので，玉縄各部の底層滞留時間の長さと釣獲率の関係について考察を加えるのに適当でない．

ゴマサバ——No.103の後半5区分とNo.401の前半5区分に連続して見られた．しかし，マアジと同じ理由のため，底層滞留時間の釣獲率に及ぼす影響を考えるのに適当な魚種と考えられない．

サバフグ——11例において2区分以上で計5尾以上の漁獲が見られた．これらの例を1次回帰式が有意とみなせるかどうかによって分けると次の通りである：

正の1次回帰を示す……No.309（2次回帰も正で有意とみなせる）

負の1次回帰を示す……No.301・No.307（2次回帰も正で有意とみなせる）

有意とみなせる回帰関係を示さない……No.204・No.302 No.306・No.308・No.311・No.312・No.317

上記(1)〜(9)の影響に関し，特にNo.301とNo.307の漁獲が減少する部分について詳しく検討したが，滞留時間に対する漁獲尾数の回帰関係がそれらの影響によって変型した可能性は認められなかった．No.309は正の1次と2次の回帰関係を示す．この例は投縄方向の反対に向って揚げたため，揚げ終りの部分の滞留時間が他の例の1.5〜2倍，滞留時間の差が最大である．1区分における最高漁獲は3尾であるので，有意とみなせる回帰式は得にくいにもかかわらず，有意とみなせる正の1次回帰を示した．

以上より，一はえ内での滞留時間の差が大きいと，滞留時間の増加に伴って漁獲が増加するように考えられるが，次の観察結果からこの可能性は否定される：この魚種は揚縄中に舷側に近付き，次々に揚がる餌を追跡するうちに釣上げられる．したがって，必ずしも底層で漁獲されたと考えられない．

ユメカサゴ——2区分以上で計5尾以上漁獲された6例は，漁獲尾数の滞留時間に対する回帰関係によって次のように分類される．

負の1次回帰を示す……No.207

有意とみなせる回帰関係を示さない……No.202・No.203・No.205・No.206・No.509

これらのうち，次の各例の結果はそれぞれの理由によって漁獲分布が変型された可能性が考えられる．(5)の理由（他魚種による分布の変型が考えられる例）……No.205（ソコホウボウ・ツノザメ）・No.206（ツノザメ）・No.207（ツノザメ）．(8)の理由（漁獲0の区分の分布と小さい自然数よりなる数列）……No.202・No.203・No.205．

すなわち，回帰分析の結果では，漁獲尾数が滞留時間に対し有意とみなせる関係を示さないのは，漁獲が少ないためと，同時に漁獲された他魚種の分布によると考えられる．ことに(5)の理由により滞留時間を延ばしても漁獲の増加は期待できない．

カサゴ類——2区分以上で計5尾以上漁獲された7例は，漁獲尾数の滞留時間に対する回帰関係によって次のように分類される．

負の1次と2次回帰を示す……No.316

負の2次回帰を示す……No.310

有意とみなせる回帰関係を示さない……No.312・No.313・No.314・No.318

これらのうち，次の各例はそれぞれの理由のため，漁獲の分布が変型されたか，滞留時間の推定値に疑問があるか，などのため回帰関係を調べるのに適さない．(2)の理由（滞留時間の範囲が狭い）……No.314（両端の滞留時間差20分）．(3)の理由（この魚種の水深200〜300 mの漁場に多い．したがって，一はえの一部がこの水深にあるが他の部分が外れる場合）……No.312・No.

313. (4)の理由（地形・底質）……No.316（負の1次の回帰関係を示す．この魚種の漁獲が多い部分に枝糸切断とアラの漁獲が多い．枝糸切断とアラの漁獲は起伏の激しい海底に多い）．(5)の理由（他魚種の漁獲と枝糸切断の分布）……No.318（枝糸切断）・No.502（フジクジラ）．

以上より，カサゴ類の7例中1例で漁獲尾数と滞留時間の間に負の1次式が認められたが，これは地形の影響と考えられるので，カサゴ類の漁獲尾数は滞留時間の長さと関係がないと考えられる．

ハナフエダイ——No.402・No.403・No.501およびNo.505の各例は2区分以上で計5尾以上の漁獲が見られた（No.102でも2区分以上で計5尾以上の漁獲が見られたが，投・揚縄時の魚探記録がないので除く）．これらのうちNo.505の漁獲尾数は滞留時間に対し正の1次と2次の回帰関係を示した．しかし，この例ではツノザメの漁獲と枝糸切断による分布の変型（5の理由）が考えられる．No.403におけるハナフエダイの漁獲は滞留時間35分以上の部分だけに見られるが，滞留時間65分以上の部分にハマダイが多く，そのためにハナフエダイが少なくなり，有意とみなせる正の1次回帰を示さなかったと考えられる（5の理由）．すなわち，ハナフエダイの漁獲分布は他の大型魚（ハマダイ・ツノザメ）の漁獲分布の影響を受けると考えられる．しかし，滞留時間の長さとともに増加する可能性は否定できない．

ソコホウボウ——No.205とNo.507の2例において2区分以上で計5尾以上漁獲された．No.205の漁獲尾数が滞留時間に対し負の回帰を示すが，その原因として，上記(1)から(9)までによる可能性は考えられない．No.507の漁獲が有意とみなせる回帰を示さないのは(8)の理由（0をはさむ小さい自然数列）のためである可能性が考えられる．

ハマダイ——No.403・No.501およびNo.505の各例において2区分以上で計5尾以上漁獲され，No.403とNo.501の漁獲尾数は滞留時間に対し正の1次回帰を示した．No.505の漁獲は一はえの後半に見られる．しかし，(2)の理由（滞留時間の差が小さい——23分）のため，漁獲尾数は滞留時間に対して有意とみなせる関係を示さないと考えられる．ハマダイの漁獲が少ない部分に多い魚種として，No.501ではハナフエダイとチカメキントキが，No.505ではツノザメと枝糸切断が考えられる．ハマダイは海底より離れた釣針に多いが，ハナフエダイは小型魚でしかも海底に近い釣針に多いので，No.501におけるハマダイの分布がハナフエダイの分布によって変型された可能性は少ない．No.505において，ツノザメと枝糸切断によってハマダイの分布が変型したとすれば，滞留時間が短かいほど漁獲が多かったことになる．しかし，この例の揚げ終りの滞留時間は他の2例のそれより短いので，上で仮定した分布は滞留時間が長すぎたための漁獲減少によると考えられない．以上より，ハマダイの漁獲は滞留時間の増加にしたがって増加する可能性が考えられる．

ツノザメ——11例の各々において2区分以上で計5尾以上の漁獲が見られた．これらは漁獲尾数の滞留時間に対する回帰関係の型により，次のように分類される：

正の2次回帰を示す……No.205・No.206・No.311（負の1次回帰も見られる）・No.314・No.504（正の1次回帰も見られる）

正の1次回帰を示す……No.207

負の1次回帰を示す……No.508

有意とみなせる回帰関係を示さない……No.309・No.505・No.506・No.507

上記(1)から(9)までの各項によって，ツノザメの漁獲分布が変型された可能性について検討した結果，次の各例における分布が変型した可能性が考えられる：揚げ終りの部分の滞留時間が長すぎたための漁獲減少……No.311（2次）・No.508（負の1次）

一はえの中での滞留時間の差が小さいため，滞留時間の影響を調べるのに適さない……No.314（20分）・No.504（11分）・No.505（23分）・No.507（27分）

揚縄水深とその傾斜（ツノザメは水深250〜300mの漁場に多い．水深が傾斜したため，一はえの一部分がこの水深から外れた可能性）

前半が浅すぎる……No.311・No.314

後半が浅すぎる……No.309

他魚種の漁獲と枝糸切断の分布の影響（この魚種は大型であるため，他魚種の分布によって分布が変型する可能性は少ないと考えられる．しかし，枝糸切断の一因であり，またその影響を被る）……(No.205)・No.311・No.314・No.505・No.506・No.508

0をはさむ小さい自然数より回帰関係を求めること……No.309

(1)から(9)までに含まれないが，ツノザメと枝糸切断の数が多すぎて，滞留時間の長さに対する他魚種の漁獲の回帰関係が現われない可能性がNo.506とNo.508で考えられる．

以上より，ツノザメの漁獲尾数と滞留時間との関係について，次のように結論される：一はえ内で漁獲尾数と滞留時間の関係を調べると，種々の原因のために正の1次回帰を示す例は1例しかないが，5例（ただし，2例では滞留時間の変域が狭い）では正の2次回帰が見られるので，滞留時間が長くなると釣獲率が高くなる可能性がある．また，同一海区で行われた数回の操業における平均滞留時間の長さと釣獲率の間には，滞留時間が長いと漁獲が多い傾向が見られる．

フジクジラ——9例の各々において2区分以上で計5尾以上の漁獲が見られた．各例とも釣獲率が高く，北緯31〜32°の水深300 mから400 mの漁場では，釣獲率が0.1から0.25に達する．海底に近い釣針に多い．小型魚であるため，この魚種の漁獲分布は他魚種の漁獲分布の影響を受けやすいが，釣針を占有し，大型魚に捕食される可能性を通じて他魚種の漁獲分布に影響を及ぼす．漁獲尾数の滞留時間に対する回帰関係より，9例は次のように分類される：

正の1次回帰を示す……No.311

負の1次回帰を示す……No.310・No.313（同時に正の2次回帰を示す）・No.319

有意とみなせる回帰関係を示さない……No.312・No.314・No.316・No.318・No.502

これら各例における漁獲分布について，この項の初めに示した(1)より(9)までの理由による変型の可能性について考察を加える．

(1) 滞留時間の長さ……No.316の揚げ始めの部分の滞留時間は7分と推定される．投縄水深より揚縄水深の方が浅いので，もし投縄水深を用いて滞留時間を推定したとすれば，更に短くなる．しかし，揚げ始めに近い部分でも，本種・カサゴ類およびアラの漁獲が多く枝糸切断も見られるので，着底したと考えられ，滞留時間が短かすぎた影響は見られない．No.502は投縄方向の反対に向って揚げたため，揚げ終りに近い部分の滞留時間は2時間を超える．この部分の漁獲が少ないが，それは枝糸切断が多いためである．

(2) 滞留時間の幅……No.314では20分と他より狭い．これは揚げ終りに向って深くなるためである．

(3) 揚縄水深および海底傾斜……水深について：水深250 m以浅および水深500 m以深に設置されたと推定される部分の漁獲は少ない．傾斜について：No.312（318〜413 m）およびNo.318（376〜439 m）は水深70 m以上の傾斜があるが，この魚種の釣獲率が高い水深の範囲内にあるので漁獲尾数と水深の関係は見られない．No.311は水深221 mより291 mにわたる．漁獲尾数は滞留時間の長さに対し有意とみなせる正の1次回帰を示すが，水深傾斜の少ない例では滞留時間に対する正の1次回帰が見られない．したがって，この例において滞留時間が長くなると漁獲が増加する傾向を示したのは，滞留時間の影響よりも設置水深がこの魚種の分布密度が高い水深に近付くためと考えられる．No.314はこの例より浅く，水深200 mから290 mに向って傾斜し，この魚種の釣獲率が高い水深に近付く．漁獲が後半5区分だけに見られるのはこのためであると考えられる．しかし，1区分当り0尾から13尾まで変化するため，滞留時間に対して有意とみなせる回帰関係を示さない．No.313（水深424〜502 m）の漁獲尾数が滞留時間の長さに対し負の1次回帰を示したのは，設置水深がフジクジラの釣獲率の高い水深からそれ以深に及ぶためと考えられる．負の1次回帰が認められたNo.310とNo.319では投縄水深・揚縄水深ともに傾斜が少なく，漁獲尾数が滞留時間に対し有意とみなせる回帰関係を示したのは，水深傾斜のためと考えられない．

(4) 底質・地形との関係……揚縄水深の起伏・混獲魚種・枝糸切断の分布より底質と地形を推測するが，正または負の1次回帰がこれらによると考えられない．

(5) 同時に漁獲された他魚種および枝糸切断の分布による漁獲分布の変型の可能性……次の各例ではフジクジラの漁獲が少ない区分でカッコ内の魚種が多いので，それらによる分布の変型の可能性が考えられる：No.311（ツノザメ$^{-}$・アカムツ$^{-}$・枝糸切断）・No.314（カサゴ類・ツノザメ$^{2+}$・枝糸切断）・No.316（枝糸切断$^{-}$）・No.318（枝糸切断$^{+}$）・No.502（カサゴ類・枝糸切断$^{2+}$）．魚種右肩は有意とみなせる回帰関係の符号で，－の場合はそれぞれの魚種の分布が負の1次回帰を示すので，そのためフジクジラの分布が正の回帰を示しやすく，＋と2＋の場合はそれぞれの魚種が正の1次と正の2次の回帰を示すので，フジクジラの分布は正の回帰を示しにくくなる．しかし，それ以外の例で

は，この項による変型は考えられない．

(6) 着底しない部分がある可能性……No.313の第71番目から第89番目までの枝縄には漁獲と枝糸切断が全く見られない．魚探記録より推定したこの部分の揚縄水深は485〜495ｍである．この例の中央部の設置水深は揚縄中の魚探記録によれば469ｍと推定されるが，水深計では420ｍとなり，着底しなかった可能性がある．（末端に付けた水深計は故障のため記録がとれなかった）．第90番目以後はこれより深いが，末端の錨に近いため着底したので底魚類の漁獲が見られたと考えられる．

(7) 深みまたは浅みに流された可能性……この可能性は考えられない．

(8) 0をはさんだ小さい自然数列……この可能性はNo.318の一部とNo.314で考えられる．

(9) 操業時刻が日出前から始まるか日没後に及ぶための変型……この可能性は考えられない．

以上より，フジクジラの漁獲尾数は滞留時間よりも操業水深の影響が強く，また，この魚種が多い水深に投入された縄では，着底後30分以内に飽和に近い釣獲率に達すると考えられる．

以下の魚種が2区分以上で計5尾以上漁獲されたのは1例ずつしかないので考察から除く……ヨリトフグ（No.309）・オアカムロ（No.207）・チカメキントキ（No.501）・ヒメダイ（No.501）・アカムツ（No.311）・アラ（No.316）

枝糸切断――11例において2区分以上で計5本以上の枝糸切断が見られた．それらの例は滞留時間の長さに対する切断本数の回帰関係によって，次のように分類される：

正の1次回帰を示す……No.318（同時に正の2次回帰を示す）

負の1次回帰を示す……No.316

有意とみなせる回帰関係を示さない……No.308・No.309・No.311・No.314・No.317・No.502・No.505・No.506・No.508

枝糸切断は漁獲尾数と異なり，滞留時間が長くなると減少する理由は全くない．それにもかかわらず，正の1次回帰が見られたのは1例にすぎず，他は負の1次回帰を示したものが1例で，9例は有意とみなせる回帰関係を示さなかった．この理由について考察を加える．上に挙げた11例では1例について19本から108本までの枝糸切断が見られた．しかし，それらのうち8例までは切断の⅓以上が1つの区分に集中している．しかもそのうち6例（No.314・No.316・No.317・No.318――これらは北緯32°線の起伏の激しい漁場に投入された――およびNo.502・No.508）では，枝糸切断は投・揚縄中の魚探記録で海底の起伏が見られる付近に集中した．一区分に集中した残りの2例（No.309・No.505）では，最初に投入した錨に続く部分で見られる（0以外の値を示す区分数が1か2しかないので除いた例のうちNo.103*・No.504・No.509*でも同様なことが見られた．*は1次回帰が有意）．No.502でも，最後に投入した錨付近で同様な現象が見られた（0以外の値が1区分しかないので除いたNo.302でも同様なことが見られた）．すなわち，枝糸切断が特定の区分に集中して起こったのは地形によるもので，その区分の位置によって見かけ上有意とみられる1次回帰を示すことがある．また，操業上の問題として，両端にある錨綱とのもつれ（これは投縄中に起こったか揚縄中に起こったかは分らないが，少なくとも一部は揚縄中に起こったことが観察された）によって枝糸が切断し，漁獲尾数の滞留時間に対する回帰を現われにくくする．釣針にかかったツノザメに幹糸か枝糸がからまって揚がることが観察された．したがって枝糸切断の一部がツノザメによって起こることが考えられる．枝糸切断の一部は滞留時間が長くなると多くなる可能性があっても，以上に述べたような理由によって枝糸切断が起こるので，滞留時間に対する回帰は見つけにくいと考えられる．

結　　　論

これまでに述べたように，玉縄による漁獲尾数は必ずしも底層滞留時間の影響だけによって決まらず，種々の要因によって変ると考えられる．したがって，滞留時間の長さに対する漁獲尾数の回帰関係が有意とみなせても，必ずしも滞留時間の影響によるとみなせず，これと反対に有意とみなせる回帰関係が見られなくても，滞留時間の影響がないと結論できない．しかし，全ての要因の複合結果が漁獲尾数の変化であり，真の原因の如何を問わず結果的に漁獲が滞留時間とともに増加しないことに着目すれば，ここで行った44回

の操業に見られる程度の滞留時間の変化（約2時間まで）では，滞留時間を延ばしても漁獲の増加は期待できない．したがって，船上の労働力が許すならば，投縄後長時間放置するよりは沈降速度を約4 m/分とみなし，着底したと考えられる時間に少しの安全を見込んだ時間を加えた長さだけ設置して揚げ，繰り返し操業することによって漁獲の増加を期待することが得策であると考えられる．（揚縄開始地点で測深し，深みに流されていれば水深の増加に応じて縄待ち時間を追加し，流れの関係で投縄方向の反対に向って揚げなければならないときは投縄所要時間を縄待ち時間に追加する）．

もし，漁獲尾数が T'_1 の増加に伴って増加にるとすれば，前報[11]で述べた同一魚種は同じ枝縄にかかる傾向は，各魚種の漁獲尾数が T'_1 と相関を示したためかどうかを検討しなければならないし，釣針占有にみられる魚種間競合についても T'_1 の影響の補正をしなければならない．しかし，上述のように漁獲尾数と T'_1 の関係はみられないので，前報の結果は補正しなくてよい．

要　約

1979年9月から12月までの間に，東シナ海大陸棚外縁において行った44回の玉縄試験操業によって得られた(1)投・揚縄時刻の記録・(2)幹縄に付けた自記水深計による縄各部の投入から揚収までの水深変化の記録・(3)投縄中および揚縄中の魚探記録および (4)釣針ごとの漁獲記録を用い，玉縄の沈降速度・一はえの玉縄の各部分が海底付近にあった時間の長さ（底層滞留時間）および底層滞留時間と漁獲の関係に関して次のような知見が得られた．

1．玉縄の沈降速度は一はえの縄でも部分によって異なり，しかも海面から底層まで沈降する間でも必ずしも等しくない．また，玉縄では沈降を一時停止することや，十分長い縄待ち時間を置いても着底したと認められないことがある．

2．水深50 mごとの平均沈降速度（沈降を一時停止した部分を除く）は，4～5 m/分をモードとし，2 m/分から7 m/分まで変動した．

3．揚縄中の魚探記録が示す水深と自記水深計が示す水深がほぼ等しいときには，下記の式を用いて求めた玉縄の第 i 番目の鉢の第 j 本目の枝縄の底層滞留時間は自記水深計を用いて測定した値とほぼ等しい．したがって，自記水深計が付いていない部分の底層滞留時間を，この式を用いて推定できる．

$$T'_{kij}=\{11(n-i+1)-j\}t_1/11n+t_2 + \{11(i-1)+j\}t_3/11n-t_4-t_5$$

ただし，n は一はえの玉縄に用いた幹縄の鉢数，11は10本付けであるから1鉢を11等分する．t_1 は投縄所要時間，t_2 は縄待ち時間，t_3 は揚縄所要時間，t_4 は沈降に要した時間で，水深を dm・平均沈降速度を vm/分とすれば d/v，t_5 は引き揚げに要した時間で $dt_3/550n$（1鉢550 mであるから）．k は d として自記水深計による値を用いたとき0，魚探記録による値を用いたとき1とする．

4．上記の式によって求めた玉縄各部の底層滞留時間（T'_1）は操業ごとに大きな差が見られ，必ずしも揚げ始めから揚げ終りに向って増加すると限らない．揚げ始めの部分の T'_1 は−25分（着底予定時刻の25分前に揚げられた）から89分まで，揚げ終りの T'_1 は−4分から156分まで変動した．一はえの玉縄内の T'_1 の差は−41分（揚げ始めの部分の T'_1 が揚げ終りの T'_1 より41分短い）から151分にわたる．

5．一はえの玉縄を10等分して求めた各区分の中心の T'_1 に対する漁獲尾数の1次・2次回帰式によれば，ハマダイの漁獲が T'_1 の増加とともに増加する傾向が認められるが，これ以外の魚種の漁獲の T'_1 に対する回帰関係には一定の傾向が認められなかった．

6．この理由を見つけるため次の9項目の影響について考察を加えた：(1) T'_1 の長さ・(2)一はえ内での T'_1 の差・(3)揚縄水深と海底の傾斜・(4)魚探記録と漁獲より推定した底質と地形・(5)同時に漁獲された他魚種の分布・(6)十分長い時間浸漬したが着底しなかった部分のある可能性・(7)深みまたは浅みに流されたため T'_1 の推定値の誤差が大きい部分・(8)漁獲尾数が十分でないための誤差および (9)操業時刻．

その結果，玉縄による漁獲尾数の分布は必ずしも各部の底層滞留時間だけによって決まらず，種々の要因によって変ることが分った．

以上の結果より，玉縄では底層滞留時間を延ばして

も漁獲の増加は期待できないので，玉縄を有効に用いるためには次のような操業法が良いと結論される：沈降速度を約4 m/分とみなし，着底するに要した時間を求め，それに安全を見込んだ時間を加えた長さだけ設置した後ただちに揚げ，操業回数を増やすことによって漁獲の増加を期待する．

文　　献

1）山口裕一郎　1974：マグロ延縄の釣獲機序に関する研究．三重県大水紀要，**9**（3），511-607．

2）平山信夫　1969：マグロ延縄の漁獲機構に関する研究—IV．日水誌，**35**（7），635-640．

3）山口裕一郎・小林　裕　1968：遠洋マグロ延縄漁業の漁獲傾向とその考察．三重県大水紀要，**7**（3），237-254．

4）小林　裕・山口裕一郎　1971：東部太平洋赤道海域におけるマグロ類・カジキ類の摂餌生態と釣獲傾向．日水誌，**37**（2），83-89．

5）斎藤昭二　1976：延縄によるマグロの釣獲時刻について．日水誌，**42**（9），975-985．

6）嶋村哲哉・添田秀男　1979：マグロ延縄漁業における漁具の浸漬時間，浸漬時間帯と漁獲について．日水誌，**45**（9），1081-1084．

7）平山信夫　1976：マグロ延縄漁業のサメの食害とその機構について．*J. Tokyo Univ. Fish.*，**62**（2），125-136．

8）小林　裕・山口裕一郎　1978：マグロ延縄漁業における漁獲魚の釣獲率とサメ害について．三重大水産研報，**5**，117-128．

9）小倉通男・有元貴文・井上喜洋　1980：沿岸底延縄漁業における浸漬時間と釣獲率．日水誌，**46**（8），963-966．

10）北島忠弘・前田　弘・廣瀬　誠・俵　悟・内田和良・浜口正人　1981：東シナ海大陸棚斜面未利用資源精密調査報告．大陸棚斜面未利用資源精密調査報告書（第3年度版），337-547．水産庁研究部ほか．

11）前田　弘・北島忠弘・廣瀬　誠・内田和良・浜口正人・俵　悟　1982：玉縄の漁獲機構．西水研研報，(57)，59-81．

12）西海区水産研究所　1980：東シナ海大陸棚斜面未利用資源精密調査報告．大陸棚斜面未利用資源精密調査報告書（第2年度版），293-355．水産庁研究部ほか．

西水研研報　第59号　昭和58年3月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 59. Mar. 1983

平戸島志々伎湾におけるイサキの食性

松宮義晴*・高橋勝宏*,**

Feeding Habit of Grunt, *Parapristipoma trilineatum* in Shijiki Bay, Hirado Island

Yoshiharu MATSUMIYA* and Katsuhiro TAKAHASHI*,**

The stomach contents of 672 grunt, *Parapristipoma trilineatum*, were examined. These fishes were caught by Gochi trawl and beam trawl during the years 1975 to 1980 in Shijiki Bay (Hirado island, Nagasaki Pref.). The occurrence method, the number method and the weight method were used in the analysis of the feeding habit.

Grunts were distributed in Shijiki Bay from May to September and were most abundant in May and July. Some differences were observed in the stomach contents by months.

The main food of 0-age fish (1～4 cm in standard length) was Copepoda and Mysidacea. With the increase in size of the fish, the main food changed continuously in the following order: Gammaridea, Mysidacea and pisces (mostly, anchovy).

0-age fish fed mainly on Copepoda during daytime. In nighttime, the main stomach contents was Mysidacea. 0-age fish showed voracious feeding activity during the day.

1-age and older fish (7～28 cm in standard length) ate mainly on pisces in daytime. In nighttime, they also depended on Mysidacea and Gammaridea besides pisces. Their empty stomachs occurred more frequently in the daytime than at night.

It seemed that the variation of major food organisms was derived from the diurnal activity rhythms of the fish and food organisms.

昭和57年11月30日受理
西海区水産研究所業績第401号(Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 401)
*長崎大学水産学部(Faculty of Fisheries, Nagasaki University)
**現在：三英食品販売㈱, San-ei Shokuhin Hanbai Co. Ltd.

イサキ *Parapristipoma trilineatum* (THUNBERG) は本州中部以南に分布する1属1種の魚類である．一本釣・定置網・刺網・旋網・吾智網などの重要対象魚種で，価格もかなり高い．また遊漁の対象として広く親しまれており，最近では栽培漁業の対象種として種苗生産が始められている．

本種の生態学的あるいは漁業生物学的研究としては鈴木[1]，安田ら[2]，阿南[3,4]，増沢[5]，増沢ら[6]，佐藤[7]，鈴木ら[8]，木村ら[9,10] などが知られている．食性に関する知見は内田[11]，YASUDA[12]，横田ら[13]，木村[14] などによって得られている．以上の報告は太平洋岸または瀬戸内海を対象としたものに限られている．

ここでは九州西海域に位置する平戸島志々伎湾におけるイサキの食性について報告する．用いた材料は農林水産技術会議による「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」およびその後の継続調査において，マダイ特別研究志々伎グループにより採集されたものである．

本文に先だち，懇切な御指導を賜わった長崎大学水産学部附属水産実験所所長千田哲資教授と種々の御助言をいただいた同大学院生木下泉氏（現西日本科学技術研究所）に深謝する．志々伎グループの皆様方には多くの御助言・御援助をいただいた．特に西海区水産研究所浅海開発部の畔田正格室長と京都大学農学部の田中克助教授には本報告を校閲していただいた．西海区水産研究所の佐藤重勝所長には本報発表の機会を与えていただいた．厚く御礼申し上げる．

調　査　方　法

志々伎湾は長崎県平戸島の南西端に位置し，湾口部2km，奥行き5kmで北西方向に開いている．水深は湾口部が30m，湾奥部が10mほどで，外海水の影響の強い開放的な性格をもっている．海底の大部分は中砂から極細砂までの砂質堆積物で，湾奥にはアマモ場が発達している（Fig. 1）．

本報告に用いた材料は1975年5月から1977年8月まで（1976年9月〜1977年4月を除く）と，1978年から1980年の6月と7月に実施された調査によって漁獲されたものである．使用漁具は一そう吾智網（囲網面積17,000㎡）と底びき網（1〜1.5ノット，10分びき，張竹6m）で，コットエンドの網目はともに3㎜であ



Fig. 1. 志々伎湾の海底地形と吾智網による漁獲定点
General topographical map of Shijiki Bay and sampling stations by Gochi trawl.

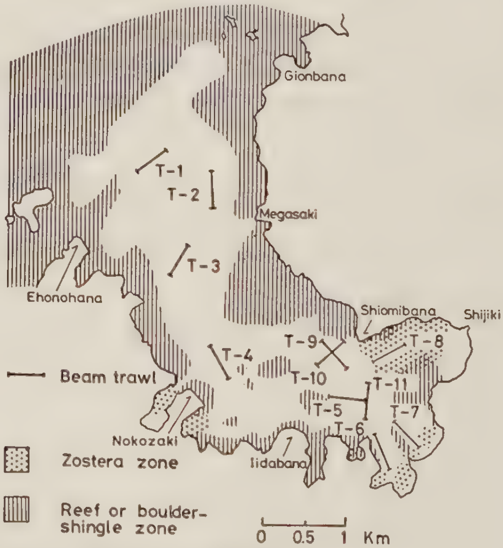


Fig. 2. 底びき網による漁獲定点
Sampling stations by beam trawl.

る．吾智網はG 1～G11，底びき網はT 1～T 8の基本定点を中心に，補助定点を適宜加えて実施した(Fig. 1～2)．操業は毎月1～2回，原則として昼間に行ったが，一部は夜間に実行した．ひき網回数の合計は両漁具とも300回程度である．

漁獲された標本の多くはその場で10%ホルマリン液によって固定し，その後，全長・尾叉長・標準体長*・体重・生殖腺重量を測定するとともに，胃内容物調査を行った．一部の標本は体長だけを測定後，生物学的官能検査に用いられた．胃内容物調査は食道から胃までを切り取り，内容物重量を上皿天秤で計測し，餌生物の同定と計数を実施した．同定は主として分類表の目の段階まで実行した．

食性の表示には出現頻度法（occurrence method），個体数法（number method）および重量法（weight method）を用いた．餌生物の計数は消化の進んだものや，体の一部分のみが出現したものも1個体として取り扱った．重量法においては，消化され易い餌生物は消化速度の遅いものに比較して，過小に表示される．そのため，以下のような方法で消化の影響を取り除いた．胃中の消化の進んだ魚類は，松宮ら[15]と同様な方法により復元した体重を推定した．胃中に出現したアミ類・ヨコエビ類などの餌生物重量は，木曽[16]が天然の採集物から算出した餌項目ごとの1個体の平均体重に，胃中の個体数をかけあわせて求めた．

結　果

分布と体長組成

イサキは吾智網により923尾（昼間512尾，夜間，411尾），底びき網により75尾（昼間11尾，夜間64尾）合計998尾が漁獲された．両漁法とも，主に湾奥部の定点で漁獲がみられた．吾智網ではG 5，G 1，G 2の順で漁獲が多く，この3定点で90%以上を占めた．底びき網では定点T 5における漁獲尾数が全体の88%に達した（Fig. 1～2）．

1975年から1980年の6年間の調査結果を整理し，月別の体長組成を Fig. 3 に示す．漁獲は5月から9月に及ぶが，特に7月に集中する．月ごとのひき網回数が異なるので，月別の漁獲尾数はそのまま現存量の多少を意味しない．

増沢[5]，佐藤[7]，鈴木ら[8] によるイサキの成長の知見を参考にすると，5～6月と9月の標本はすべて1歳魚以上であった．7～8月には標準体長4 cm以下の当歳魚が出現し，特に7月には¾以上を占めた．5月中旬頃より湾口部において，4～5 mmの浮遊仔魚が稚魚網により採集される**．7月以降に主として湾奥部で漁獲された当歳魚はこれに由来するものと思われる．

空胃率

998個体中672個体の胃内容物を調べた．672個体

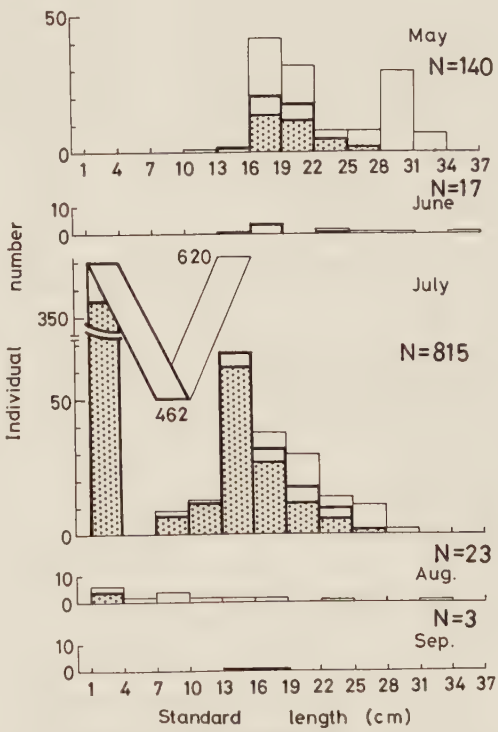


Fig. 3. 漁獲されたイサキの月別体長組成
Length composition of *P. trilineatum* by month caught during the period from 1975 to 1980. Only the fish under the thick line were used in the present study. Dotted area and open area represent the fish with food in the stomach and those with empty stomach, respectively.

---

* 本文中の体長とは標準体長を示す．
** 田中　克（京都大学）：未発表

(吾智網による626個体,底びき網による46個体)は Fig. 3 の太線内に該当する．太線内の打点部は胃中に餌生物がみられた個体を，空白部は空胃の個体を表示している．細線内は胃内容物調査を実施していない個体を示す．

Fig. 3 のように，どの体長階級も比較的，空胃個体が少なかった．空胃率は 5 月においては35%，7 月においては20%であった（空胃率＝空胃個体数／調査個体数）．

体長増に伴う食性の変化

1） 出現頻度法による分析

イサキの体長増に伴う餌料生物の変化について検討した． 3 cm間隔の体長階級ごとにまとめて，標本数の多い 5 月と 7 月について示した．

出現頻度とは，ある餌生物を摂食していた個体数を，全調査個体数で除したものである．出現頻度法は簡便で短時間に食性の概要を知ることができる．しかし，餌料の量的な情報がないので，出現頻度の高い餌料が主食であるかどうかを即断することはできない．

Fig. 4 の 5 月では，どの体長階級も魚類（Pisces）の値が高かった．特に22〜25cmの個体はすべて魚類を捕食していた．

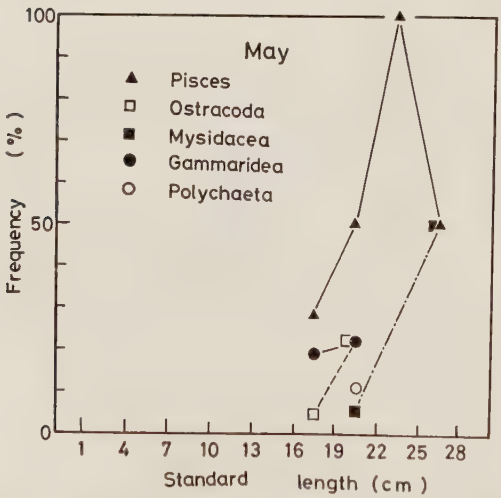


Fig. 4. 体長増に伴う餌料生物の出現率の変化（5 月，出現頻度法）
Change in frequency of occurrence by food items with increase in fish size in May (occurrence method).

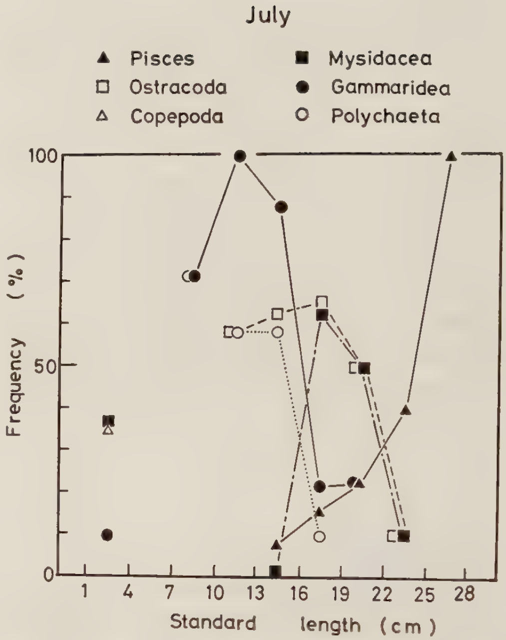


Fig. 5. 体長増に伴う餌料生物の出現率の変化（7 月，出現頻度法）
Change in frequency of occurrence by food items with increase in fish size in July (occurrence method).

Fig. 5 の 7 月における 1 〜 4 cmの小型個体は，アミ類（Mysidacea）と橈脚類（Copepoda）の値が高い．7 〜16cmまではヨコエビ類（Gammaridea），多毛類（Polychaeta），貝虫類（Ostracoda）が卓越している．体長が大きくなるにしたがいアミ類が増加し，さらに22cm以上になると魚類の値が高くなる．Fig. 4〜5 では主要項目以外のその他の餌生物は表示していない．

2） 個体数法による分析

胃中にみられた全餌生物総数に対する，ある餌生物数の比で表示される．個体数法は多くの情報を与えてくれるが，餌項目間の個体あたりの体重差が大きい場合は，餌料としての正しい重要度を表現しないこともある．

Fig. 6 のように，7 月では橈脚類→ヨコエビ類→アミ類→魚類と体長増に伴い主要な餌生物が推移する．5 月は 7 月に比べて，より大きい体長階級までヨコエビ類の占める割合が高かった．

3） 重量法による分析

胃中に出現した全餌生物重量に対する，ある餌生物

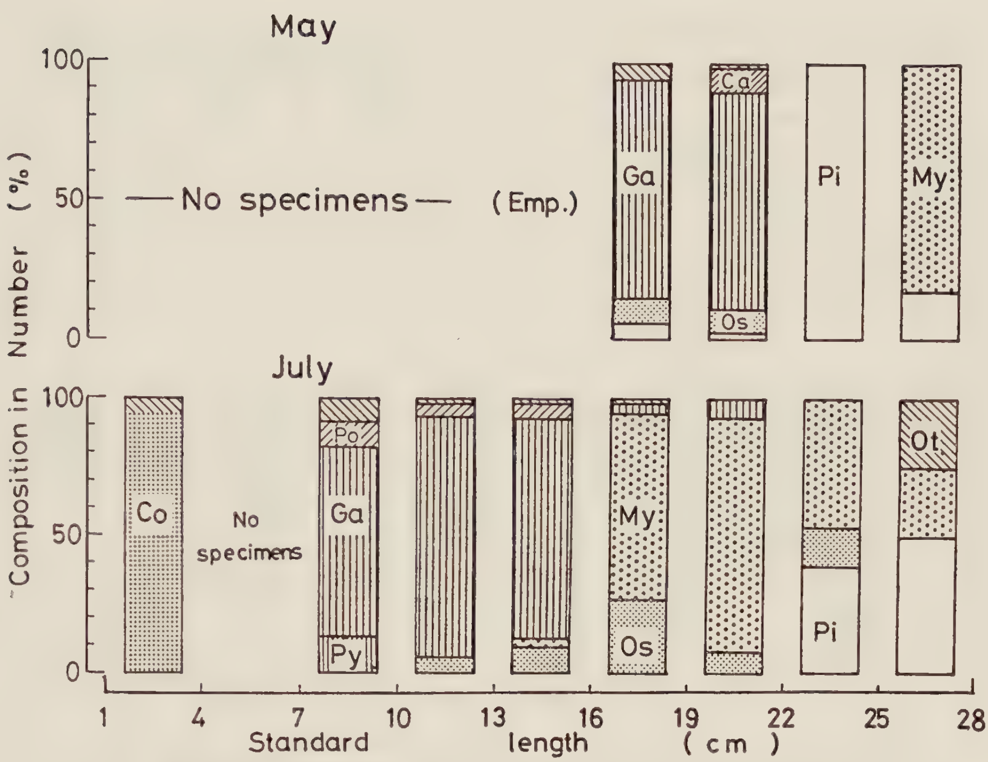


Fig. 6. 体長増に伴う餌料組成の変化（個体数法）
Change in food composition with increase in fish size (number method). Pi: Pisces
Py: Pycnogonida Os: Ostracoda My: Mysidacea Ga: Gammaridea Ca: Caprellidea
Po: Polychaeta Ot: Others

重量の比で表わされる．重量法は餌生物ごとの実際の栄養源としての重要度を最も適確に表現する．

Fig. 7 のように，大型の標本の多い5月ではどの体長階級も魚類（ほとんどがカタクチイワシ）が圧倒的に卓越していた．7月においては，1～4 cmの小型個体ではアミ類，7～13cmではヨコエビ類ついで多毛類とウミグモ類（Pycnogonida）が重要な餌生物であった．16～22cmではアミ類と魚類，22cm以上は魚類が主食であった．

時期による餌料の差異

時期による餌料内容の違いをみるため，標本数の多い5月と7月の1歳以上の大型魚（7～28cm）について胃内容物を比較検討した．先に述べた3つの表示法を組み合わせて作図した．Fig. 8 の横軸は出現頻度（図中の数字はこれを示す）で，縦軸上部は重量法による組成，縦軸下部は個体数法による組成を意味している．各餌生物項目の四角形が餌料としての特徴を表現している．Fig. 8 には7月の体長1～4 cmの小さな個体は除外してある．

5月には魚類（Pisces）が最重要な主食であることを Fig. 8 は明白に示している．ヨコエビ類（Gammaridea）は個体数では過半数を占めるが，魚類ほどの重要さをもっていない．7月には魚類の重要度が低下し，アミ類（Mysidacea）・ヨコエビ類・貝虫類（Ostracoda）の比重が高まっている．

実際の胃内容物重量は5月と7月間で大きな違いはみとめられなかった．年による胃内容物組成の差異も顕著ではなかった．なお5月の標本は1975年と1976年に，7月の標本は1976年と1977年に漁獲されたものが多かった．

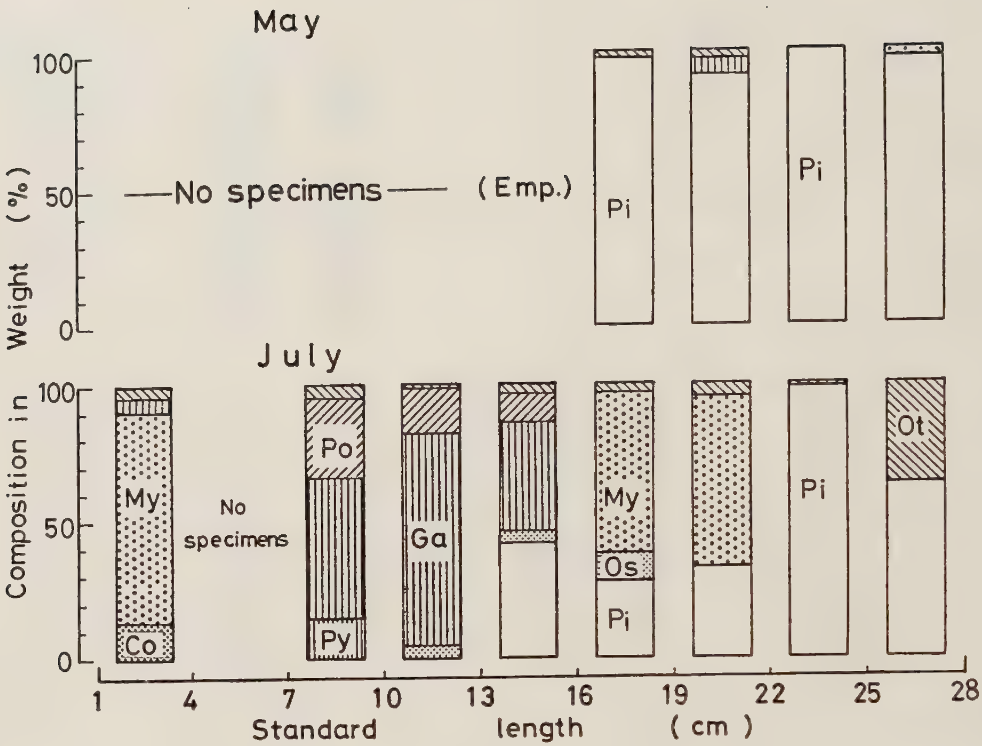


Fig. 7. 体長増に伴う餌料組成の変化（重量法）
Change in food composition with increase in fish size (weight method). Consult with legend of Fig. 6 for explanation of abbreviations.

餌料組成の日周期変化

昼夜に及ぶ連続した漁獲調査を行った7月の標本を用いて，イサキの食性や摂餌活動の日周期変化を把握した．体長1～4cmの当歳魚の小型群と7～28cmの1歳魚以上の大型群に分け，さらに漁獲時刻を3～6時，10～14時および20～1時の3つの時間帯によって分離した．

大きさ別時間帯別の標本数とその中の空胃個体数をTable 1に示す．空胃率は小型群において夜間（33%），大型群では昼間（56%）に高い傾向がみられた．

Fig. 9の個体数法によると，大型群は3～6時（図中のA）にはアミ類，昼間の10～14時（図中のB）には貝虫類，夜間の20～1時（図中のC）にはヨコエビ類の占める割合が高い．小型群は昼夜とも橈脚類が卓越していた．

Fig. 10の重量法によると，大型群の昼間(B)は魚

Table 1. 1975～1980年の7月における漁獲時刻別大きさ別標本数（ ）内は空胃個体数を示す
Number of specimens by catch time and size group inclusive of those with empty stomach (number in parentheses), collected in July, 1975—1980.

Size Group		Small（1～4cm）		Large（7～28cm）	
Catch Time		Number	(Empty)	Number	(Empty)
A	0300 ～ 0600	2	(2)	61	(3)
B	1000 ～ 1400	141	(1)	16	(9)
C	2000 ～ 0100	319	(103)	71	(8)

類が大部分を占める．夜間は魚類の割合が減り，3～6時(A)ではアミ類が，20～1時(C)ではヨコエビ

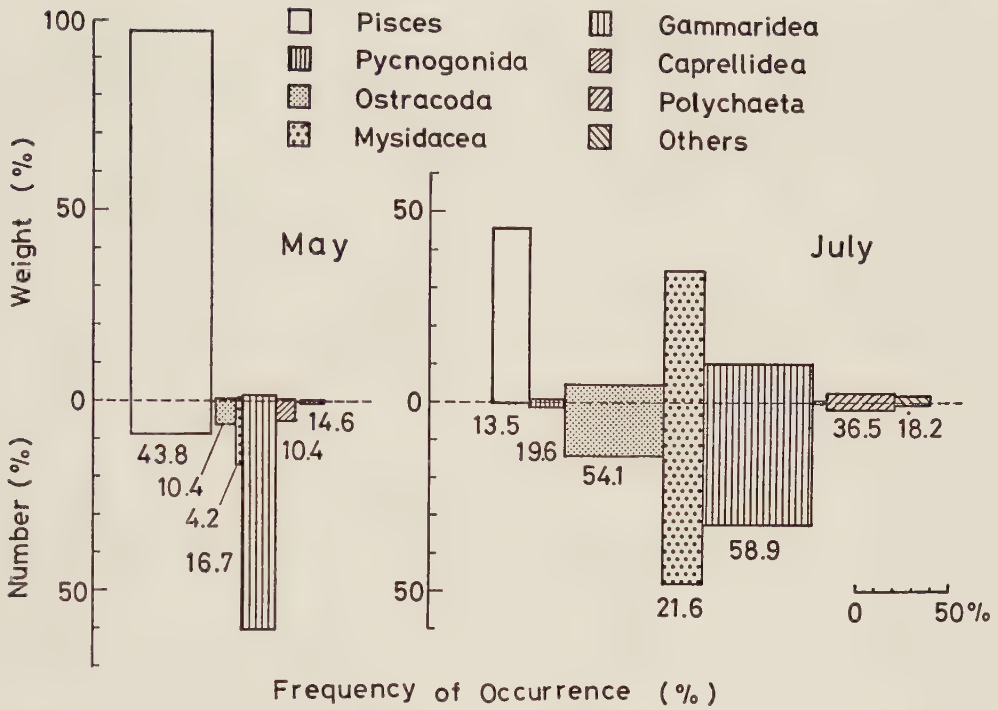


Fig. 8. 5月と7月における大型群（1歳魚以上）の餌料組成
Food composition of large group (1 age and older fish) in May and July by three different methods, occurrence method, number method and weight method.

類と多毛類の割合が増加する．小型群の昼間(B)は橈脚類が過半であるが，夜間(C)にはアミ類が90%以上を占める．

深夜に漁獲された小型群の胃内容物はかなり消化が進んでおり，20～1時に漁獲された大型群の胃中のヨコエビ類は3～6時のものより，消化が進んでいたものが多かった．これらの多くは日没時に摂餌したものが胃中に残存していたものと思われる．また20～1時における大型群の胃中の魚類は3～6時の早朝や10～14時の昼間のものと比べて，かなり消化が進んでいた．

考　　察

本報告の調査は周年実施されたが，イサキが漁獲されたのは5月から9月までであった (Fig. 3)．これは木村[14] によるイサキの摂餌活動の盛んな‘摂餌期’に一致する．イサキは夏季に志々伎湾内を成育場や摂餌場として利用しており，特に湾奥部に豊富な餌生物を求めて来遊してきたものと考えられる．なお5月から9月までの志々伎湾内の水温は18～26℃であった[17]．

7月から出現した体長1～4cmの当歳魚は橈脚類とアミ類を主食としていた (Fig. 5～7)．これは内田[11] と YASUDA[12] の報告とよく一致している．

7～28cmの1歳魚以上は7月には体長増に伴い，ヨコエビ類→アミ類→魚類へと主要な餌料を転換する (Fig. 6～7)．5月には調査標本の体長範囲が狭いためもあり，餌料の移行過程は明らかではなかった．いずれにせよ，イサキ成魚の基本餌料は魚類と甲殻類で構成されており，木村[14] の熊野灘における結果とほ

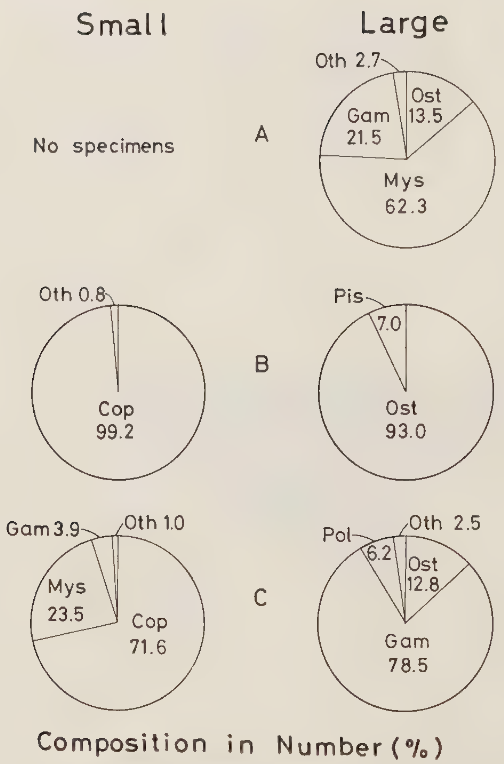


Fig. 9. 餌料組成の日周期変化（個体数法）
Diurnal variation in food composition by number method. A: Specimens caught from 0300hr to 0600hr. B: Specimens caught from 1000hr to 1400hr. C: Specimens caught from 2000hr to 0100hr. Pis: Pisces Ost: Ostracoda Mys: Mysidacea Gam: Gammaridea Pol: Polychaeta Oth: Others

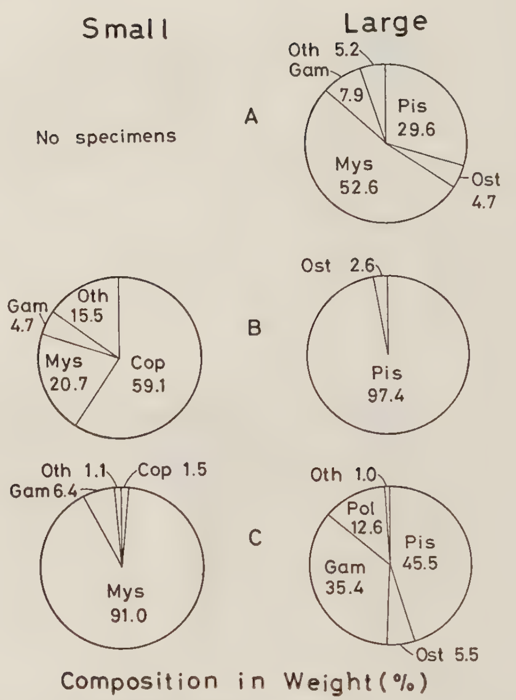


Fig. 10. 餌料組成の日周期変化（重量法）
Diurnal variation in food composition by weight method. A, B, C, and Pis, Ost, Mys, Gam, Pol, Oth: same as in Fig. 9.

ぼ一致していた．胃中の魚類のほとんどはカタクチイワシ（体長5 cm以下のシラス）であった．ヨコエビ類の多くは棲管をもたないスガメソコエビ科，マルハサミヨコエビ科，クチバシソコエビ科で環境中に多いものであった[18]．

1歳魚以上の大型群の胃内容物組成は5月と7月で差異がみとめられた（Fig. 8）．この結果には時期による差異のほか，漁獲時刻の違いによる影響も若干含まれている．5月は7月に比べて，昼間に漁獲された標本が多かった．また，胃内に卓越してみられるカタクチイワシの湾内の出現量が5月に多かったこと（未発表）も原因の1つと思われる．

1～4 cmの当歳魚（小型群）の摂餌活動は昼間の方が盛んで，1歳魚以上（大型群）は夜間の方が空胃個体が少なかった（Table 1）．当歳魚の胃内容物は昼間は橈脚類，夜間はアミ類が卓越していた（Fig. 10）．志々伎湾奥部では，*Acartia* 属の橈脚類が昼間海底直上に密集して分布していることが知られており[19]，イサキ当歳魚がこれを効率よく摂餌していることが考えられる．

1歳魚以上の大型群は昼間には魚類を主食としており，夜間にはアミ類やヨコエビ類などの割合が増加する（Fig. 10）．胃中の魚類のほとんどを占めるカタクチイワシは一般に昼間に濃密な群れを形成し，夜間は表層に分散して分布する．一方，アミ類やヨコエビ類は夕刻や早朝に，活発に活動するという[20]．以上のような餌生物の生態がイサキの胃内容物の昼夜変化に大きく影響していると思われる．

要　約

1975年から1980年に長崎県平戸島志々伎湾内において，吾智網と底びき網で漁獲されたイサキ998個体中672個体の胃内容物を調べた．出現頻度法，個体数法および重量法により食性を解析した．

1．イサキが漁獲されたのは5月から9月までであった．7～8月に出現した標準体長1～4cmの当歳魚は橈脚類とアミ類を主食としていた．

2．7月に漁獲された標準体長7～28cmの1歳魚以上は，体長増に伴い主要な餌料をヨコエビ類，アミ類，魚類へと順次転換していた．

3．1歳魚以上の胃内容物組成には5月と7月で差異がみとめられた．5月の胃中は魚類（ほとんどがカタクチイワシ）が大部分であったが，7月にはアミ類，ヨコエビ類，貝虫類も多くの割合を占めた．

4．当歳魚は昼間に橈脚類を活発に摂餌する．夜間にもアミ類の摂餌がみとめられたが，空胃個体が約⅓を占めた．

5．1歳魚以上の大型魚は昼間には空胃個体が過半を占めるが，魚類を専食している．夜間には魚類のほかアミ類，ヨコエビ類，多毛類，貝虫類なども摂餌するようになる．

文　献

1）鈴木　明　1954：イサキに関する二，三の知見．日水誌，**20**（3），171-172．

2）安田治三郎・小笠原義光・岡本　亮・梅津武司　1962：海産魚の種苗生産に関する研究Ⅰ．イサキの人工受精と成長について．水産増殖，**10**（1），1-10．

3）阿南尤雄　1963：大分県産イサキに関する研究．大分水試調査研報，（3），142-149．

4）阿南尤雄　1966：イサキの人工ふ化・飼育実験．大分水試事業報告，昭和38年度，66-69．

5）増沢　寿　1967：イサキ資源に関する研究—Ⅰ．年令と成長について．日水誌，**33**（9），812-817．

6）増沢　寿・松浦秀喜　1968：イサキ資源に関する研究—Ⅱ．産卵期について．日水誌，**34**（8），655-659．

7）佐藤浩一　1971：イサキの成長について，鱗による年令査定．静岡水試研報，（4），19-23．

8）鈴木　清・木村清志　1980：熊野灘におけるイサキの成長．魚類学雑誌，**27**（1），68-71．

9）木村清志・鈴木　清　1980：熊野灘におけるイサキの性比と生残率．魚類学雑誌，**27**（2），165-169．

10）木村清志・鈴木　清　1981：熊野灘におけるイサキの成熟と産卵．日水誌，**47**（1），9-16．

11）内田恵太郎　1929：イサキの稚魚期，殊に斑紋の形成及び習性に就いて．水産学会報，**5**（2），220-233．

12）F. Yasuda 1960: The types of food habits of fishes assured by stomach contents examination. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **26**（7），653-662．

13）横田滝雄・通山正弘・金井富久子・野村星二　1961：魚類の食性の研究．南海水研研報，(14)，1-234．

14）木村清志　1981：熊野灘におけるイサキの食性．日水誌，**47**（12），1551-1558．

15）松宮義晴・木下　泉・岡　正雄　1980：志々伎湾における魚食性底魚類の胃内容物調査．西水研研報，(54)，333-342．

16）木曾克裕　1980：平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態—Ⅰ．成長に伴う餌料の変化とその年変動．西水研研報，(54)，291-306．

17）浜田七郎　1980：志々伎湾の海況特性．西水研研報，(54)，141-155．

18）東　幹夫・陣野聡子　1980：平戸島志々伎湾の底生動物群集—Ⅰ．マクロベントスと堆積物による生息場所分析の試み．西水研研報．(54)，195-208．

19）上田拓史　1980：志々伎湾の動物プランクトンに関する研究－Ⅰ．1975年4月から8月までの動物プランクトンの組成と橈脚類の分布．西水研研

報，(54)，171-194.
20) 畔田正格・池本麗子・東 幹夫 1980：志々伎湾における マダイ当歳魚の 日周期活動. 西水研研報，(54)，279-289.

志々伎湾におけるマダイ仔稚魚の生態に関する研究-Ⅱ.
浮遊生活期仔稚魚の垂直分布の一例

田中　克*・杉山昌穂**・玉井一寿・宮地邦明

The Ecological Studies of the Larvae and Juveniles of the Red Seabream in Shijiki Bay-II. An Observation of the Vertical Distribution of Pelagic Larvae and Juveniles

Masaru TANAKA*, Masao SUGIYAMA**, Kazuhisa TAMAI and Kuniaki MIYAJI

The vertical distribution of fish larvae takes a significant role in their survival and transportation. In a previous article the author reported the occurrence and horizontal distribution of larvae and pelagic juveniles of the red seabream *Pagrus major* in Shijiki Bay of Hirado Island. In the present paper, the vertical distribution of the larvae is described, and discussed in relation to their transportation from the spawning grounds to the nursery ground in Shijiki Bay.

Before the experiments for vertical distribution, the comprehensive survey was undertaken at 37 stations in the northern part of Goto Nada on 8th and 9th of May 1976. 69 red seabream larvae were caught by 37 oblique hauls by larva net. The occurrence of the larvae were restricted to the southern part of the area surveyed.

A free-drifting drogue set at 10 m depth was deployed to remain in a same water mass. Following the drogue, discrete-depth sampling by larva nets were made every 4 hours at 0, 10, 20, and 40 m depth on 10th to 18th of May 1976. 682 red seabream larvae and pelagic juveniles were caught by 99 horizontal hauls. The free-drifting drogue showed the semi-diurnal leftward circular tidal currents. The average drifting speed during 30 minutes or one hour were 5 cm/s to 267 cm/s, while the northerly net drift were extremely short against the actual drift due to rotary currents.

The hydrographic conditions seem to be almost homogeneous vertically, there

昭和58年1月5日受理
西海区水産研究所業績第403号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 403）
*京都大学農学部（Faculty of Agriculture, Kyoto University）
**長崎大学水産学部（Faculty of Fisheries, Nagasaki University）

being no sign of the thermal and saline stratifications. The red seabream larvae were most abundant at 40 m depth and fewest at 0 m during the day-time, while during the night-time most abundant at 10 m depth with considerable increase in number at 0 m. These facts indicate the occurrence of the diel vertical migration in this species.

Averaged day-time depths of early postlarvae were about 20 m, deepening with increase of size until 40 m for 7 mm larvae. Since larger larvae beyond 7 mm were scarcely caught, the ontogenetic vertical distribution could not be observed in the larger larvae and pelagic juveniles. At night, on the other hand, any clear tendency was not observed in their averaged depth.

The vertical distribution of the red seabream larvae showed considerable variability during continuous sampling times and among days staying in a same water mass. The variations seem to be caused by the combined effects of biological and environmental factors.

From the results obtained in this investigation, it was advanced the possibility of transportation and recruitment process of larvae and pelagic juveniles from southern spawning grounds to Shijiki Bay.

長崎県平戸島志々伎湾及びその周辺海域には，3～6月に浮遊生活期のマダイ，*Pagrus major* (Temminck *et* Schlegel)，仔稚魚が出現する．それらの水平分布の特徴については，前報[1)]で報告した．

長崎県下には，鰺曽根（五島灘），五島列島周辺，壱岐・対馬周辺にマダイの主要な産卵場が形成されるとともに，沿岸地先でも小規模な産卵場が存在する可能性が報告されている[2)]．これらの産卵場に由来する仔魚の一部が志々伎湾に補給されていると考えられるが，その詳細については不明である．

魚卵や仔稚魚の垂直分布は，それらの輸送[3)]や生残[4)]に重要な関わりをもつと考えられるが，マダイ仔魚についてはまだ明らかにされていない．マダイ仔魚の輸送過程や垂直分布を明らかにするため，1976年5月に五島灘北部海域において海流板追跡調査を実施した．海流板追跡中に一定時間間隔で稚魚網の各層水平曳を行ない，マダイ仔稚魚の垂直分布に関する若干の知見を得た．本報では，志々伎湾外におけるマダイ仔稚魚の広域的な分布や潮流による輸送過程における垂直分布について二，三の事例をまとめ，志々伎湾への補給過程についても若干の考察を加えた．

本研究を進めるに当り，西海区水産研究所青山恒雄元海洋部長（現東京大学海洋研究所教授），井上尚文海洋第一研究室長，代田昭彦漁場保全研究室長には種々の便宜と有益な御助言をいただいた．漁業調査船陽光丸大村千之前船長ならびに乗組員の皆様には，複雑な地形の調査水域での困難な追跡調査に全面的な協力をいただいた．また，同水研川端一行事務官には，仔稚魚の選別作業を分担していただいた．これらの皆様に心より御礼申し上げる．

本研究をまとめるに当り，種々の御援助をいただいた西海区水産研究所佐藤重勝所長ならびに本城康至浅海開発部長，原稿の校閲と御助言をいただいた畔田正格浅海開発第二研究室長に厚く御礼申し上げる．

材料及び方法

浮遊生活期のマダイ仔稚魚の垂直分布調査（海流板追跡調査）に先立ち，調査水域の海洋環境の概要やマダイ仔稚魚の概略的な分布状態を知る目的で，広域分布調査（事前調査）を実施した．この調査は，1976年5月8～9日に，五島灘北部水域に設定した37定点（Figs. 1, 2）において，採水・測温・稚魚網斜め曳（水深50m層より海表面まで）等を主な観測項目として行なわれた．



Fig. 1. 調査海域の位置及び水深
The location and the water-depth distribution of the surveyed area.

垂直分布調査は，当海域の流況を把握する調査と組み合わせ，海流板（91×183cmの耐水ベニア板4枚で作成）を追跡しつつ実施した．この調査は，事前調査に引き続き，5月10～18日の間に，Fig. 2 に示す点（A～E）を出発点として5回実施した．海流板は10m層に垂下し，30分ないし1時間間隔で位置を出し流

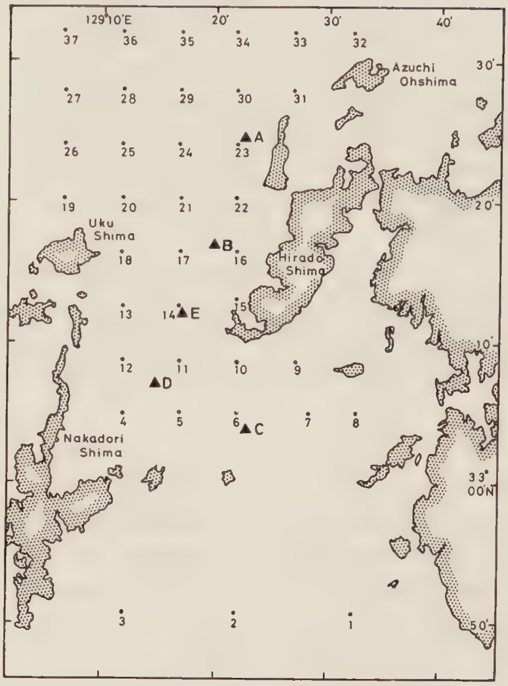


Fig. 2. 広域分布調査定点（1～37）及び海流板投入点（A～E）
Sampling stations of the general svrvey (1～37), and the start point of a free-drifting drogue (A～E).

跡を求めるとともに，09・13・17・21・01・05の各時刻を基準に，表層・10m層・20m層・40m層において稚魚網の水平曳（2ノット10分曳）を実施し，マダイ仔稚魚の垂直分布状態を調べた．表層を除く各層の曳網水深は，ワイヤー長と傾角により設定した．追跡期間中の月齢は10.7～17.7，この間の気象条件は Table 1のとおりであった．

仔稚魚の採集には，口径130cm，側長450cmおよび600cm，ポリエチレンモノフィラメント製（平均目幅0.508mm）の稚魚網を用いた．稚魚網には流量計を装着し，その読み取り値より各回のろ水量を求め，単位ろ水量（1,000m³）当りの採集尾数を算出した．採集したサンプルは約10%の海水ホルマリン液に保存し，全仔稚魚を選別後，その個体数を計数するとともにマ

Table 1. 海流板追跡調査中の天候条件
Weather conditions during the following experiments of a free-drifting drogue. A～E showing behind the date in parenthesis indicate each following experiment.

Date	10(A)			11(B)				13(C)		14(D)				15(D)					17(E)			18(E)			
Time	09	13	17	21	01	05	09	13	17	09	13	17	21	01	05	09	13	17	13	17	21	01	05	09	13
Weather*	bc	bc	bc	bc	c	c	c	b	b	b	bc	b	b	b	bc	o	c	o	b	b	b	b	bc	o	o
Cloud amount	3	6	6	—	—	—	—	2	0	0	2	0	—	—	6	10	9	10	2	0	—	—	4	10	10
Speed of Wind (m/s)	0	3.7	4.5	2.0	4.5	9.5	8.5	7.0	6.5	1.5	2.8	1.0	2.5	1.0	3.0	7.0	10.0	5.0	2.5	2.0	3.0	1.5	0	4.5	8.0
Moonage					10.7									14.7								17.7			

＊ b : bright　bc : bright-cloudy　c : cloudy　o : overcast

ダイ仔稚魚については全長・体長等を測定した．曳網回数は，斜め曳37回，表層水平曳25回，10ｍ層水平曳25回，20ｍ層水平曳25回，40ｍ層水平曳24回，合計136回であった．

結　　　果

1．調査海域におけるマダイ仔稚魚の分布の概要

調査海域の水深は，北部では80ｍを超えるが，島や礁の周辺を除くと全域的には60～80ｍで，海底の底質は砂質～礫質である．調査海域における10ｍ層の水温及び塩分の水平分布を Fig. 3 に示した．水温は，南部の沿岸寄りに19℃を超える定点（Stn. 8）や北部の沖合に17℃を下回る定点（Stn. 36）がみられたが，大部分の定点では17及び18℃台を示した．平戸島南部海域には18.5℃を超える暖かい海域があり，一方，的山大島と宇久島を結ぶ線以北には17.5℃前後のやや冷たい海域の存在がみられた．一方，塩分は，南部の暖水域と対応する形で34.5‰を超える高塩分水の張り出しがみられるものの，ほぼ全域34.4～34.5‰の範囲で，著しい変化はみられなかった．一方，水温や塩分の鉛直的な変化は小さく，表層と海底近くの80ｍ層で水温は1～1.5℃の差，塩分は0.05～0.1‰程度の差であった．それらの水深に伴う変化はゆるやかで，躍層の存在は認められなかった．

37定点における稚魚網の斜め曳により総計12,484尾の仔稚魚が採集された．マダイ仔稚魚の採集尾数はそのうち69尾（0.49%）と少なかったが，その分布状態（Fig. 4）にはかなり特徴的な傾向が認められた．全体的には南部海域に多く，また東部海域，特に平戸島周辺海域に多い傾向がみられる．これらの分布状態は，先に述べた10ｍ層の水温の分布状態とかなりよく対応

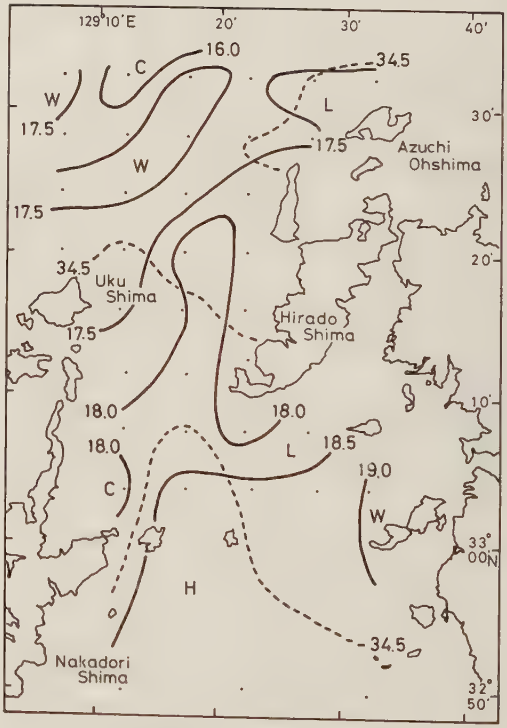


Fig. 3. 水深10ｍ層における水温及び塩分の分布（1976・5・8～9）
Water temperature and salinity distribution at 10m layer drawn from the results of the general survey.

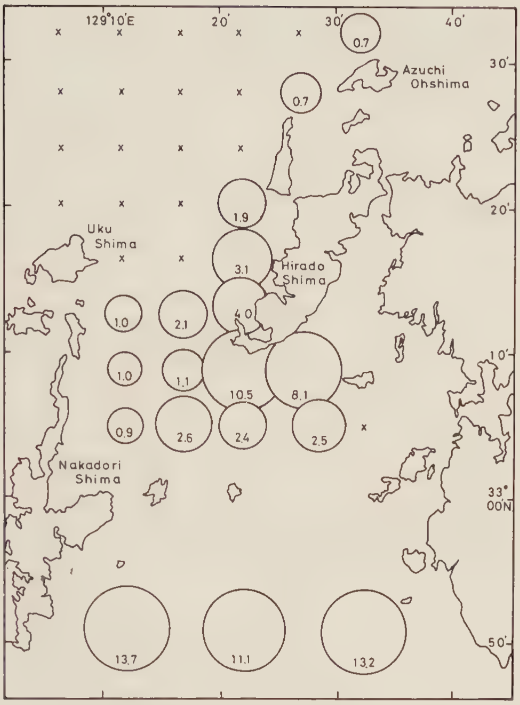


Fig. 4. 広域分布調査時におけるマダイ仔魚の分布状態
The distribution of the red seabream larvae collected in the general survey.

しており，暖水域に分布が集中している．特に，的山大島と宇久島を結ぶ17.5℃の等温線より北側の定点では，ほとんどマダイ仔稚魚が採集されていない．

稚魚網で採集されたマダイ以外の仔稚魚数も南部海域に圧倒的に多く（北部海域１定点当り186尾，南部海域同466尾），北部海域ではふ化後時間のあまり経過していないカタクチイワシ仔魚が中心で，種類数も著しく少ない傾向がみられた．また，南部海域では橈脚類を中心とする動物プランクトンが稚魚網で大量に採集されたのに対し，北部海域では橈脚類量は極めて少なく，珪藻を中心とする植物プランクトンが稚魚網採集物の大部分を占めた．これらの事実は，的山大島と宇久島を結ぶ線を境に性質を異にする二つの水塊があったことを示唆している．

2．海流板の流跡

海流板の追跡は，志々伎湾周辺の平戸島西部〜南部海域を中心に第１回(A)：５月10日08時〜同17時20分，第２回(B)：５月10日19時48分〜11日12時12分，第３回（C）：５月13日10時21分〜14日06時，第４回（D）：５月14日07時30分〜15日19時28分，第５回(E)：５月17日09時56分〜18日16時と５回実施した．各回の流跡は，Fig. 5 に示すとおりである．

流跡は海流板を投入した海域や気象条件でかなり異なるが，全体的には南北方向の流れが卓越している．しかし，平戸島南端の陸岸に近接した水域では東西方向の流れが卓越し，陸岸の影響を強く受けていることがうかがわれる．流向は，概ね潮汐の周期を反映してほぼ６時間間隔で転流する傾向がみられる．すなわち，下げ潮時には南下流，上げ潮時には北上流を示す．特に平戸島南部周辺海域では，半日周潮流が卓越した南北または東西方向を長軸とする左旋回の流れが著しい．

流速は，潮時や海域によって著しく異なるが，30分または60分間の海流板の移動距離から求めた平均流速は，最小５cm/s，最大は平戸島中北部海域のＡ及びＢでは50cm/s 程度であったが，他の追跡例ではいずれも100cm/s を超えた．特に，平戸島南端域の追跡例Ｅは大潮に当り，下げ潮最強流時には最大267cm/s（５ノット強）が観測された．

以上のように，当海域では潮流が発達し，強流時には２〜３ノットの流れとなるが，追跡ＤやＥにみられるように12〜13時間ごとの海流板の位置間の直線距離はその間の移動距離に比べて著しく短い．この事実は当海域におけるマダイ仔稚魚の移動や輸送を考える上で，重要な意味を持つと考えられる．なお，この調査で得られた海流板の流跡結果を含め当海域の春季の流況については，玉井が取りまとめ中である．

3．水深別マダイ仔稚魚採集尾数

層別採集時の水温は表層では18.0〜19.4℃，40ｍ層では17.2〜18.8℃の範囲であった．４層の稚魚網水平曳は，海流板を追跡しながら09時，13時，17時，21時，01時，05時を基準に実施した．これらの採集時間のうち，21時及び01時の採集を夜間採集，それ以外を昼間採集として，Table 2 に水深別・昼夜別の採集結果を示した．マダイ仔稚魚の採集尾数は昼間478尾，夜間204尾，計682尾であった．1,000㎥当りの採集尾数で比較すると，昼夜の比（夜間採集尾数／昼間採集尾数）は全層平均で1.44となり，夜間には昼間の約

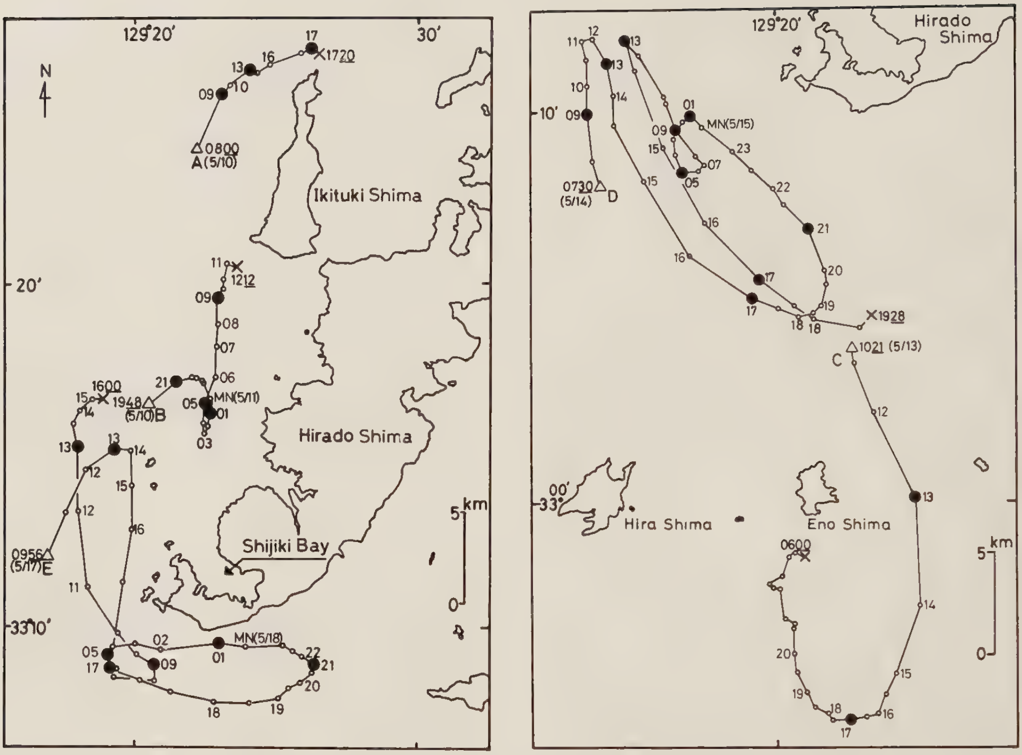


Fig. 5. 海流板の流跡及び稚魚網採集点（黒丸）
Position of the free-drifting drogue and sampling station (closed circle) by a larva net.

1.5倍採集されたことを示している．

昼間のマダイ仔稚魚は，40ｍ層に最も多く（1,000㎥当り6.9尾），表層に最も少ない（同じく1.9尾）．10ｍ層や20ｍ層では，40ｍ層よりはやや少ないものの，1,000㎥当り5.8尾前後採集されている．一方，夜間の

Table 2. 採集層別・昼夜別マダイ仔魚の採集尾数
Day and night catches of the red seabream larvae at each sampling layer.

Sampling layer	Sampling time		
	Day	Night	Night/Day
0 m layer	34(1.91*)	33(6.15)	3.22
10 m layer	113(5.86)	61(10.35)	1.77
20 m layer	137(5.73)	48(6.25)	1.09
40 m layer	194(6.92)	62(8.27)	1.20
Total	478(5.37)	204(7.71)	1.44

*The value in parenthesis indicates the number of individuals per 1000 ㎥ sea water.

採集では，10ｍ層が最も多く，次いで40ｍ層が続き，表層と20ｍ層はほぼ同程度となっている．いずれの採集層でも昼間より夜間でより多く採集されており，特に表層と10ｍ層で夜間採集量の増大が著しい．これらの採集層では平均的な昼夜比を上回っており，夜間における上方への垂直移動の存在を示唆している．

4. 水深別マダイ仔稚魚全長組成

マダイ仔稚魚の水深別の全長組成を Table 3 に示した．合計99回の採集で得られた682尾のマダイ仔稚魚のうち，全長測定の不可能な13個体を除く669尾の全長は Fig. 6 のようになる．最小個体は全長2.4㎜（ホルマリン固定のため相当収縮[5]したものと推定される），最大個体は13.1㎜であった．1㎜間隔の全長組成では，3㎜台の仔魚が最も多く，次いで2㎜台の仔魚が多く，両者で全体の75.2%を占めた．4～5㎜台は19.9%，6～9㎜台は4.2%，形態的に稚魚と考

Table 3. 全長1㎜サイズグループ別マダイ仔魚の採集尾数
Number of individuals of the red seabream larvae, showing separately in each 1 ㎜ body size group.

Sampling Layer	Time	Total length (㎜) 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0 m	D*	6	19	7								1	
	N**	3	19	3	6	1							
10 m	D	19	68	13	4	1		2					
	N	6	49	8		1	1	2					1
20 m	D	41	77	14	5	1							
	N	3	33	7	4	1							
40 m	D	35	90	35	11	8	1	3		2	1		
	N	8	27	12	4	4	1		1				
Total	D	101	254	69	20	10	1	5		2	1	1	
	N	20	128	30	14	7	2	2	1				
	D+N	121	382	99	34	17	3	7	1	2	1	1	1

* D indicates the catches caught at day-time (19 samples).
** N indicates the catches caught at night-time (6 samples).

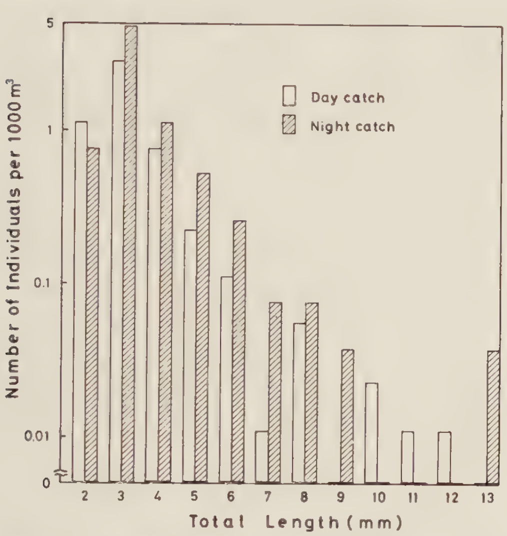


Fig. 6. マダイ仔魚の昼夜別全長組成
Size distribution of the red seabream larvae, showing separately day and night.

えられる10㎜以上の個体は総計5尾（0.75%）と極めて少なかった．昼夜別に全長組成を比較すると，全体的な全長組成の形には大きな差異は認められないが，2㎜台を除き，9㎜台までは夜間採集量（1,000㎥当り）が昼間の採集量（1,000㎥当り）を上回っている．平均全長は昼間採集では3.7㎜に対し，夜間採集では4.0㎜と，後者でわずかに大きい傾向がみられた．

水深別の全長組成を Fig. 7 に示した．昼間に採集された仔魚の全長組成は，10m層及び20m層の全長組成が比較的類似するのに対し，表層は2～4㎜台にほとんど限定され，また40m層は6㎜以上の仔魚も少数尾ながら出現して下側へ裾の延びた全長組成を示している．10㎜を超える稚魚は，表層で12.6㎜の個体が1尾，40m層で10.5，10.8，11.6㎜の3個体が採集されている．一方，夜間に採集された仔魚の全長組成は，昼間採集のそれと類似した形を示し，昼夜間で顕著な差異はみられない．10㎜を超える稚魚は13.1㎜の個体（今回採集された個体の中で最大）が10m層で1尾採集されている．

5. 垂直分布の日周変化

4時間間隔で実施したマダイ仔魚の垂直分布調査の結果を Fig. 8 に示した．

平戸島北部海域で5月10～11日に実施した調査結果（A及びB）では，採集個体数が少なくあまり明瞭な垂直分布の日周変化はみられないが，昼間には10m層や40m層に多く，表層にはほとんど出現しない．一方，夜間には表層でもかなり採集されており，夜間には分布層が上層に移る傾向がうかがわれる．5月14～15日に平戸島南西海域で実施した調査結果（D）では，夜間の採集尾数が極めて少なく明瞭な傾向はみられな

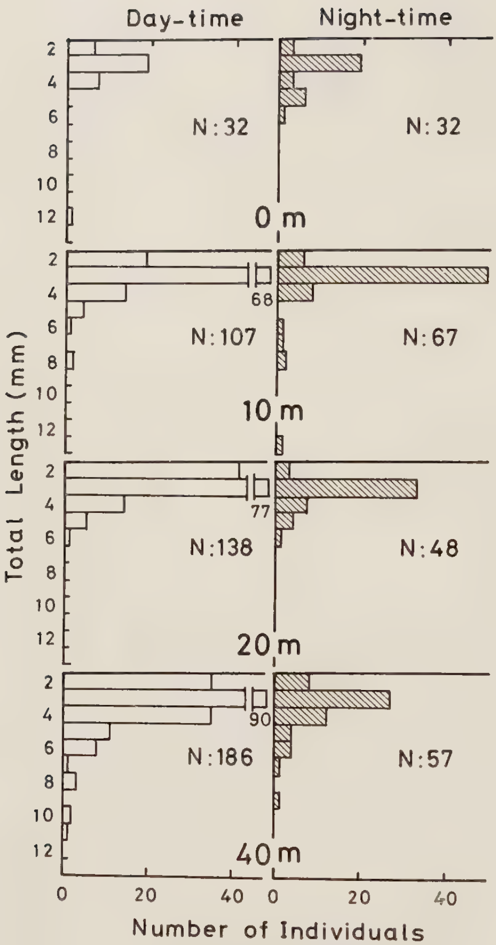


Fig. 7. マダイ仔魚の水深別・昼夜別全長組成
Size distribution of the red seabream larvae at each sampling depth, showing separately day and night.

いが，昼間はA・Bと同様に表層には少なく，10ｍ層や40ｍ層に多い傾向がみられる．

5月17〜18日に平戸島南岸沿いで行なった追跡調査（E）では，表層41尾，10ｍ層108尾，20ｍ層141尾，40ｍ層168尾，合計458尾と5回の追跡調査の中では最も多く採集された．13〜14時の採集では20ｍ層と40ｍ層に，17〜18時の採集では20ｍ層に分布の中心がみられる．日没後の21〜22時には10ｍ層と40ｍ層に，深夜の01〜02時には表層と10ｍ層の採集量が多く（ただし，40ｍ層は欠測しており不明），分布の中心が表層近くにあるものと推定される．夜明け後の05〜06時の採集では，10〜20ｍ層に分布の中心が移行している．09〜10時では40ｍ層にやや多いものの10〜40ｍ層にほぼ均等に分散した分布がうかがわれる．13〜14時には採集量が著しく減少し，10ｍ層にやや多いが，比較的全層に分散した分布状態となっている．

以上のように，マダイ仔魚の垂直分布は，採集場所や採集時期の諸条件によってかなり異なり，一般的な傾向を指摘することは困難であるが，全体としては昼間には表層に出現することは稀で分布の中心はやや下層にあり，夜間には上層に浮上して表層にも出現する傾向がみられる．

考　　察

九州西海域におけるマダイ仔魚の広域的な分布状態を調べた庄島[6]によれば，マダイ仔魚は主として距岸50海里以内の海域に分布し，産卵場の形成される天草周辺海域から五島列島・平戸島西方海域に多く，その平均密度は海水1,000㎥当り20尾を超える．この調査を実施した海域は，九州西海域の中では平均的にはマダイ仔魚の最も多く出現する海域にもかかわらず，37定点での平均密度は1.83尾/1,000㎥，マダイ仔魚の採集された定点のみの平均密度でも4.07尾/1,000㎥と庄島[6]の示した密度よりはるかに低い値であった．今回用いた方法は庄島[6]とほぼ同様であるが，調査時期が異なるため厳密な比較はできない．しかし，調査海域の一部にあたる平戸島志々伎湾における1976年3月下旬〜6月上旬にわたる調査においても，マダイ仔魚の毎回の平均密度はほとんど10尾/1,000㎥以下であった[3]．したがって，今回のかなり低いマダイの出現密度は，この年の発生量の低水準をほぼ反映したものと考えられる．

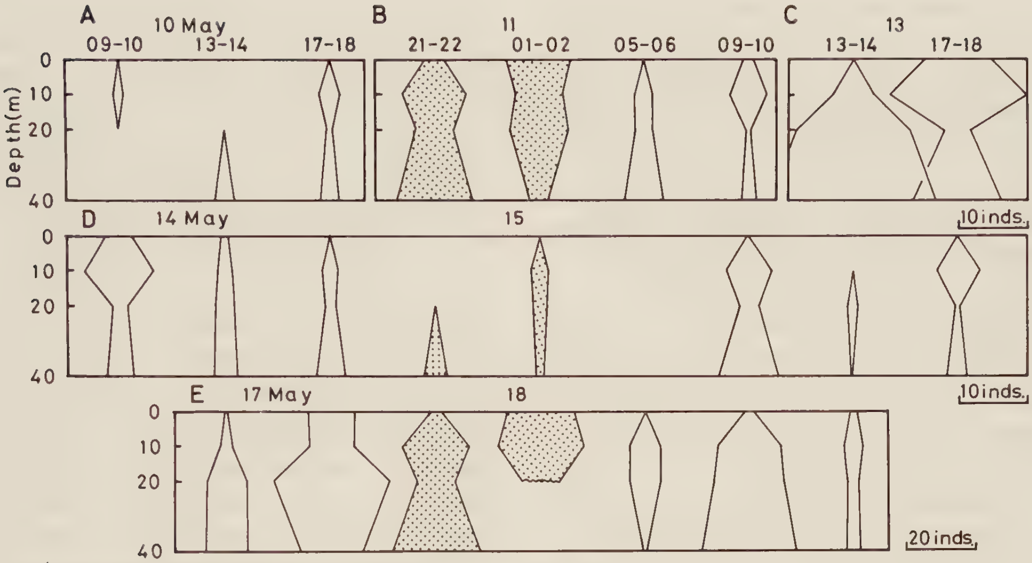


Fig. 8. 海流板追跡過程で採集されたマダイ仔魚の垂直分布
Vertical profile of the red seabream larvae during following the free-drifting drogue.

このように全体としては，マダイ仔魚の出現密度は低いレベルにあったが，海流板追跡調査の後半には相対的にはかなり高い密度の出現をみている．特に，5月17～18日に実施した追跡例(E)では密度が高く，表層を除く3層の平均密度は18.1尾/1,000㎥であり，事前調査の平均密度より1桁高い値であった．マダイ仔魚の微細分布についてはまだ明らかにされていないが，平均的には低いレベルの分布密度の中にもかなり高い分布密度の水塊が存在する可能性もあり，今後の検討が望まれる．

海産仔稚魚の垂直分布に関してはRussell[7]以来，多くの研究が行なわれている．それらの研究の多くは，ある定点で一定時間間隔をおいて採集を反復したものである．この方法では，流れの影響が避けられず，異なった水塊（したがって，異なった垂直分布状態を示す可能性がある）の分布状態を調べたことになり，問題が生じる場合がある．このような問題を解消する一つの方法として，漂流物を追跡しながら垂直分布を調べる方法が考えられ，haddock 仔魚[8]，silver hake 仔魚[9]，yellowtail flounder 仔魚[10]，魚類プランクトン群集[11] 等の垂直分布調査に用いられている．

このうち，Smith ら[10] は72時間にわたりパラシュート型の漂流物を追跡し，この三日間でカレイ仔魚の採集尾数や体長に著しい差はなく，同一水塊を追跡できたと評価している．今回の追跡調査は，複雑な地形や天候条件のため，短時間の追跡しかできず，またマダイ仔魚の採集尾数も少なかったため，この方法の有効性や限界を厳密に論議することはできない．しかし，5月14～15日の追跡例（D）と5月17～18日の追跡例(E)のように，ほぼ同じ場所で近接した日に実施した採集例の間でも密度や分布状態に顕著な差がみられ，当海域のように潮流が激しい海域での固定定点での垂直分布調査には種々の問題が生じる可能性が推定される．したがって，垂直分布調査に漂流物追跡法を用いることは有効と考えられるが，仔稚魚の多くは日周期的な垂直移動を行なうため，流れに鉛直的な傾斜(シア)が存在する場合には，時間の経過とともに漂流物と仔稚魚群集とは離れることも起こると考えられ，今後詳しく検討して行く必要があろう．

仔稚魚の現存量を正しく把握するためには，垂直分布の状態を知ることは不可欠の前提であり，これまで多くの魚種について垂直分布に関する研究が進められて来た．最近では，仔魚の垂直分布は摂餌や生き残りと密接に関係するとの観点[12]より，浮遊生活から底生生活への移行過程の把握[13]，産卵場から幼稚魚成育

場への輸送過程の解明[14]など初期生活史と具体的に関連付けた研究もみられ，その内容はますます豊富になりつつある．しかし，マダイ仔稚魚の垂直分布については，近年資源培養技術開発の基礎調査として採集例が徐々に増え，断片的に知見が集積され始めた段階にある．

山口県仙崎湾で松浦ら[15]が調べた結果によれば，表層から20ｍ層の間では，昼間5～15ｍ層に80％のマダイ仔魚が分布し，特に10ｍ層に多いとされている．福岡県の引津湾や唐津湾での調査結果[16]では，昼間マダイ仔魚は表層に比べて底層で多く採集される傾向が見出されている．同様の傾向は長崎県平戸島志々伎湾でも観察されており[17]，昼間は水深約30ｍの海底近くに分布の中心があるとされている．これらの比較的浅海域での調査に対して，能登沖合域における0・10・20・50ｍ層の採集結果では，昼間20ｍ層と50ｍ層に多く，10ｍ層や表層には少ないことが報告されている[18]．今回の調査は採集層が40ｍ以浅に限られ，それ以深での分布が不明であるが，全体としては40ｍ層にやや多いものの10～40ｍ層に比較的均等に分布する傾向がみられた．

以上のように，マダイ仔魚の垂直分布は各報告によって差異がみられ，多様である．このような垂直分布の多様性は，ニシン[19-21]やマサバ[22,23]をはじめとして多くの魚種で知られている．とくに，水温躍層の有無と垂直分布の多様性とは密接に関連しており，水温躍層が発達する海域や季節では仔稚魚の垂直分布は水温躍層に規定されかなり傾向的な分布パターンの存在が認められている[22-24]．マダイの出現する時期には，当海域では通常水温躍層は未発達で，マダイ仔魚の垂直分布パターンはより複雑になっていると考えられる．マダイ仔魚の垂直分布の多様性は，調査された海域の諸条件（特に水深・透明度・流動）や調査時の天候条件（特に波浪・照度）等の垂直分布に影響を与えると推定される環境条件の相違に基づくと考えられる．また，採集されたマダイ仔魚の発育・成長状態・摂餌状態等の生理・生態的な条件とも密接に関連すると考えられる．このように多くの要因が複合してマダイ仔稚魚の垂直分布はかなり多様であるが，昼間表層にはあまり分布しない点や陸岸近くの比較的浅い水深帯（30ｍ以浅程度）では昼間底層近くに多い傾向等がみられる．

マダイ仔魚が昼夜で分布層を変える可能性については，田中[17]や伊藤ら[18]により指摘され，夜間は昼間より分布層が上昇するとしている．このような傾向は，今回の調査でもかなり明瞭にみられ，昼間分布のほとんどみられない表層においても夜間には採集量が増加し，日周垂直移動の存在が示唆された．しかし，このような移動は，大西洋産ニシン[25]やカレイの一種[10]にみられるような数10ｍにも及ぶ海底直上から表層にわたる典型的なものではなく，全体的に分布層が上昇するタイプで，移動距離も平均分布水深から推定して10ｍ程度の小規模なものと推定される．

仔稚魚の垂直移動には日周期的なものと個体発生の進展に伴って生息深度を変えるものがある[4]．マダイの個体発生の進展に伴う分布水深の変化に関する知見は極めて乏しく，わずかに深い層で大型の仔魚が採集される割合が高いとの指摘[15,18]がみられる程度である．今回の調査においては，発育の進んだ個体の採集量が極めて少なく，体形が稚魚型に変化し始め遊泳力が増大し始める[26]全長7㎜以上の仔稚魚採集尾数は16尾（全体の2.39％），そのうち形態的には稚魚と考えられる全長10㎜以上の個体はわずかに5尾（同0.75％）であった．したがって，発育・成長に伴う分布水深の変化の傾向をみるには極めて不十分な試料であるが，全長1㎜ごとの平均分布水深を求め昼夜別に示したものが Fig. 9 である．昼間の分布水深は2～3㎜台の23ｍ前後から，全長の増加とともに徐々に深くなり7㎜台では40ｍに達している．一方，夜間の分布水

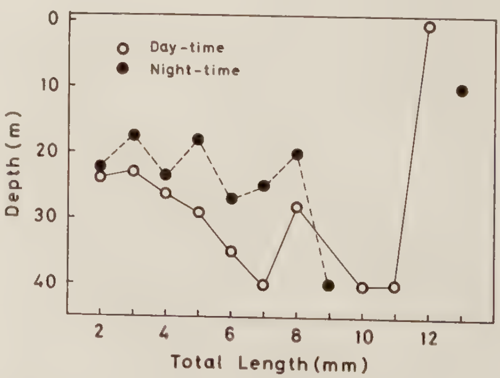


Fig. 9. マダイ仔魚の昼夜別平均分布水深の成長に伴う変化
Change in the averaged depth of th red sea-bream larvae with their growth.

深は17ｍから27ｍにわたって変動するが，傾向的な変化はみられず，夜間にはその時の条件に応じて20ｍ前後を中心的な分布層とするようである．先にも述べたように，10㎜以上の稚魚の採集尾数は５尾と少なく，採集層も昼の40ｍ層で３尾，表層で１尾，一方夜間では10ｍ層で１尾採集されたのみで，しかも採集層は表層から40ｍ層までにわたり明瞭な傾向が認められない．10㎜以上の稚魚では表層で採集される割合が高くなるという報告[27]もみられ，底生生活への移行とも関連して今後の大きな課題と考えられる．

本調査を実施した時期は，マダイの産卵期に当たり発育の進んだ個体がかなり採集される可能性は高いと予想されたが，10㎜を超える稚魚の採集は極めて少なかった．これは，1976年発生群の生き残り状態を反映した結果とも考えられなくはない．しかし，志々伎湾内では今回の採集よりかなり高い比率で10㎜以上の稚魚が採集されている．したがって，五島灘のように産卵場から輸送過程にある海域と志々伎湾口部のように輸送過程を経て成育場への補給の前進基地となるような海域とでは，体長組成に差が生じるのではないかと推定される．

マダイ幼稚魚成育場とその補給源となる産卵場との具体的なつながり，すなわち，産卵場から幼稚魚成育場への仔魚の輸送過程の解明は非常に難しい問題であり，志々伎湾へ来遊するマダイ仔稚魚の補給源についても明らかにされていない．調査海域周辺には，五島列島と鯵曽根に二大産卵場が形成される他に，平戸島周辺を含む沿岸地先にも小規模な産卵場が多数形成される[3]．産卵期も４月下旬前後を最盛期としながら，３月下旬より６月上旬まで続くとされている[3]．このように，産卵場や産卵期にかなり幅があるため，幼稚魚成育場への補給は単一の産卵場との単純な対応関係で説明できるようなものではない．年による海況条件の相違や各産卵場の重要度の変化により，マダイ仔稚魚の成育場への補給の様相はかなり変化に富むものと推定される．

産卵場と幼稚魚成育場との関係を知る一つの方法として，産卵場より海流ビンや海流ハガキを流してその漂着状況より輸送路や輸送範囲を知る試みが行なわれている[28]．長崎県水産試験場が1973年４月19日に海流ビンを鯵曽根より投入した結果によれば，五島列島・長崎県北松海域・福岡県筑前海域等マダイ幼稚魚成育場への漂着が多い他，兵庫県以北にもかなりの漂着がみられている．また，拾得までの経過日数は，五島灘北端で10日，唐津湾で15日，博多湾で20日，京都府宮津市で46日としている．これらの結果より，五島灘における産卵は，北松から筑前海域を経て，山口県に至る海域の幼稚魚の補給源となり得るとし，さらに山陰海域まで影響を及ぼす可能性を推定している．

天然親魚に由来するマダイ卵の垂直分布についてはまだ明らかにされていないので，卵期における輸送は全く不明であるが，経過時間が短いためこの間の拡がりはそれほど著しくないと考えられる．仔魚期の垂直分布はすでに述べたように，夜間には分布層が上昇するが，全体としては20ｍ以深に分布の中心がある．一般に，海水流動は表層ほど著しく，深層へ向かうにしたがい流速は低下し，流向も上層とは異なることが多い．したがって，マダイ仔魚は，風の影響を強く受けて表層を流される海流ビンほど短期間に遠方へ輸送されることはないと考えられる．特に，平戸島南西部海域のような往復運動的な潮流が発達する海況では実質的な輸送は抑えられるのではないかと推定される．これらの事実に加え，調査を実施した時期のマダイ仔稚魚の分布が平戸島南部海域に限定されていた事実は，この時期のマダイ仔稚魚の主な補給源は五島灘南部海域にあったことを示唆している．

以上の事実を総合すると，次のような補給過程が想定される．鯵曽根をはじめとする五島灘南部や平戸島周辺の産卵場に起源するマダイの卵・仔魚が五島灘南部海域に広く分散し，主として潮流によって輸送される過程で志々伎湾口部のような環流の形成される水域に集積される．そして，補給の前進基地とも言うべき水域で発育・成長した仔稚魚は，マダイ自身の条件が整うとともに環境条件を巧みに利用して，湾奥部の幼稚魚成育場へ補給されるのであろう．

要　　約

平戸島志々伎湾へのマダイ仔魚の補給機構に関する研究の一環として，1976年5月8～18日に平戸島周辺海域において浮遊生活期のマダイ仔魚の垂直分布に関する調査を行ない，以下のような結果を得た.

1. 五島灘北部海域に設けた37定点において，稚魚網による水深50m層から表層までの斜め曳により69尾のマダイ仔魚を得た．それらの大部分は南部の定点と平戸島に近接した定点に限定され，水温17.5℃の等温線より北の定点には全く出現しなかった.
2. 平戸島南部及び西部海域において，10m層に垂下した海流板を追跡しながら，3時間間隔で0・10・20・40mの4層の稚魚網水平曳を実施した．5回の追跡中99回の稚魚網曳網により682尾のマダイ仔稚魚を採集した.
3. 海流板はほぼ左旋性の流跡を描きながら北へ流れた．海流板の平均流速は平戸島南部海域では最大267cm/sにも達したが，半日あるいは1日単位の実質的な移動距離は極めて短い傾向がみられた.
4. 昼間の採集では，マダイ仔稚魚は，40m層に最も多く，次いで10m層及び20m層に多く，表層には極めて少なかった．一方，夜間採集では，表層や10m層での増加が顕著で，日周期的な垂直移動の存在が示唆された．その移動距離は10m程度と推定された.
5. 採集されたマダイ仔魚は，全長3㎜台が最も多く，次いで2㎜台が多く，両者で全体の75.2%を占めた．全長10㎜を超える稚魚はわずかに5尾のみで，最大個体は13.1㎜であった.
6. 全長1㎜ごとの平均分布水深より，昼間の分布層は成長とともに20m台から30m台へと深くなる傾向がみられた．一方夜間の分布水深には傾向的な変化はみられなかった．ただし，7㎜以上の個体については個体数が少ないため明瞭な傾向は把握できなかった.
7. 海流板追跡中にもマダイ仔魚の垂直分布状態はかなり多様に変化する傾向がみられ，生物的・非生物的諸条件の影響が推察された.
8. 五島灘北部海域の広域的なマダイ仔魚の分布状態，海流板の往復運動的な流跡，マダイ仔魚の垂直分布特性より，平戸島南部及び周辺水域の産卵場に由来するマダイ仔魚が志々伎湾へ輸送される可能性が推定された.

文　　献

1) 田中　克　1980：志々伎湾におけるマダイ仔稚魚の生態に関する研究—I．浮遊生活期仔稚魚の水平分布．西水研研報，(54)，231-258.

2) 長崎県水産試験場　1973：産卵生態．昭和47年度東シナ海・有明海栽培漁業漁場資源生態調査とりまとめ報告書（A，九州西海域篇)，5-31.

3) 田中　克　1975：卵・稚仔の離合集散に関する生態学的考察．水産海洋研究会報，(28)，79-89.

4) 田中　克　1981：海産仔魚の摂餌と生残—V．魚卵・仔魚の垂直分布と垂直移動．海洋と生物，**3**（5)，379-386.

5) 福原　修　1979：ホルマリン固定によるマダイ卵稚仔の収縮について．水産増殖，**27**（3)，129-136.

6) 庄島洋一　1977：稚魚網採集結果からみた九州西海域におけるマダイ稚仔魚の出現状況．昭和51年度日本水産学会九州支部例会講演要旨集，5.

7) F. S. Russell　1926: The vertical distribution of marine macroplankton. III. Diurnal observations on the pelagic young of teleostean fishes in the Plymouth area. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **14**, 387-414.

8) D. Miller, J. B. Colton Jr., and R. R. Marak 1963: A study of the vertical distribution of larval haddock. *J. du Cons.*, **28**, 37-49.

9) M. P. Fahay　1974: Occurrence of silver hake, *Merluccius bilinearis*, eggs and larvae along the middle of Atlantic continental shelf during 1966. *Fish. Bull.*, **72** (3), 813-834.

10) W. G. Smith, J. D. Sibunka, and A. Wells 1978: Diel movements of larval yellowtail flounder, *Limanda ferruginea*, determined from

discrete depth sampling. *Fish. Bull.*, **76** (1), 167–178.

11) A. W. Kendall, Jr. and N. A. Naplin 1981: Diel-depth distribution of summer ichtyoplankton in the middle Atlantic Bight. *Fish. Bull.*, **79** (4), 705–726.

12) B. Ellertsen, P. Solemdal, S. Sundby, S. Tilseth, T. Westgård, and V. Øiestad 1981: Feeding and vertical distribution of cod larvae in relation to availability of prey organisms. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, **178**, 317 319.

13) J. B. Marliave 1981: Vertical migrations and larval settlement in *Gilbertidia sigalutes*, F. Cottidae. *ibid*, **178**, 349–351.

14) P. A. Shelton and L. Hutchings 1982: Transport of anchovy, *Engraulis capensis* Gilchrist, eggs and larvae by a frontal jet current. *J. Cons. int. Explor. Mer*, **40**, 185–198.

15) 松浦秀喜・有薗真琴・角田信孝　1981：養殖マダイ産出卵の移送機構に関する研究—II. 卵・仔稚魚の分布特性について. 西水研研報, (56), 89–109.

16) 大内康敬・角　健造　1980：引津湾における卵・稚仔の分布生態. 資源培養方式開発のための沿岸域における若令期タイ類補給機構に関する研究（成果シリーズ**129**), 199–210, 農林水産技術会議事務局.

17) 田中　克　1980：平戸島志々伎湾におけるマダイ幼稚仔の移入過程と海水交換について. 沿岸海洋研究ノート, **17** (2), 118–130.

18) 伊藤勝千代・沖山宗雄　1980：能登近海におけるマダイ資源の補給機構—卵・稚仔調査結果. 資源培養方式開発のための沿岸域における若令期タイ類補給機構に関する研究（成果シリーズ**129**), 21–26, 農林水産技術会議事務局.

19) J. R. Bridger 1958: On efficiency tests made with a modified Gulf III high-speed tow-net. *J. du Cons.*, **23**, 357–365.

20) R. J. Wood 1971: Some observations on the vertical distribution of herring larvae. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, **160**, 60–64.

21) D. Schnack 1974: On the biology of herring larvae in the Schlei fjord, western Baltic. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, **166**, 114 123.

22) A. J. Southward and B. M. Barry 1980: Observations on the vertical distribution of eggs and larvae of mackerel and other teleosts in the Celtic Sea and on the sampling performance of different nets in relation to stock evaluation. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, **60**, 295–311.

23) S. H. Coombs, R. K. Pipe and C. E. Mitchel 1981: The vertical distribution of eggs and larvae of blue whiting (*Micromesistius poutassou*) and mackerel (*Scomber scombrus*) in the eastern North Atlantic and North Sea. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, **178**, 188–195.

24) D. Sameto 1982: Vertical distribution and abundance of the Peruvian anchovy, *Engraulis ringens*, and sardine, *Sardinops sagax*, larvae during November 1977. *J. Fish. Biol.*, **21**, 171–185.

25) A. S. Seliverstov 1974: Vertical migration of larvae of the Atlanto-Scandian herring (*Clupea harengus* L.). In "The early life history of fish" (J. H. S. Blaxter ed.), 253–262, Springer-Verlag. Berlin.

26) 福原　修・岸田　達　1980：マダイ稚仔魚期における二, 三の行動. 南西水研研報, (12), 9–20.

27) 田中　克　1979：マダイ稚魚の浮遊生活から底生生活への移行過程. 水産土木, **16** (1), 47–57.

28) 長崎県 水産試験場　1973：卵・稚仔魚の補給機構. 昭和48年度 栽培漁業 漁場 資源生態調査報告書, 3–8.

西水研研報　第59号　昭和58年3月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 59. Mar. 1983

志々伎湾の底生魚類群集-Ⅱ.
主要種の季節的消長と群集の季節区分

中　坊　徹　次*

Demersal Fish Community in Shijiki Bay-Ⅱ.
Seasonal Changes in Occurrence of Major Species and Seasonal Division of the Community

Tetsuji NAKABO*

Ecological survey for demersal fishes were carried out in Shijiki Bay, Nagasaki Prefecture, from June 1975 to July 1976. In this study, the seasonal changes in occurrences of major species of the demersal fishes and the seasonal division of the community are reported. The fishing gears used for the survey were small beam and Gochi trawl-nets.

1. Patterns of seasonal changes of species' and individual numbers in spatial communities recognized in the former report[1] are divided into three types. 1) Species' number is small from July or August to September, and individual number is large in August: community at the mouth of the Bay. 2) Both species' and individual numbers are large from spring to summer: communities at the central and innermost parts of the Bay. 3) Species' number is very small from October to November and from March to April, and individual number is very small from October to March: community at the *Zostera* zone.

2. Seasonal changes in occurrences of 60 species are described. The period in which the juveniles of the demersal fishes appear are also described. In most species, the individual numbers are increasing by the recruitment of the juveniles. The spawning season in each species is estimated from the period of the juvenile's occurrence. Three types of seasonal occurrences of the fishes are recognized according to the period in which their individual number is large, 1) spring-type (from December to June), 2) Summer-type (from June to August) and 3) autumn-type (from September to November).

昭和58年1月5日受理
西海区水産研究所業績第404号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 404)
* 京都大学農学部 (Faculty of Agriculture, Kyoto University)

3. In each spatial community, three types of seasonal communities are recognized on the basis of the three types of the seasonal changes in occurrences of the fishes, spring-community (from December to June), summer-community (from June to August) and atumn-community (from September to November). In the community at the mouth of the Bay, spring-community is extremely dominant. The boundary between the two communities at the central and innermost parts of the Bay does not become clear in autumn, the two parts held the autumn-community in common In the community at *Zostera* zone, the summer-community is dominant.

4. Year-round resident and seasonal resident species are reconized. Seasonal resident species are divided into the following five types: 1) juveniles and fishes more than 1 year old utilize the Bay for nursery and feeding grounds, and move out of there for spawning, 2) adult fishes come into the Bay for spawning and juveniles utilize it for nursery ground, 3) a part of the population move out of the Bay for wintering, adult fishes utilize the Bay for spawning and feeding grounds, and juveniles use it for nursery ground, 4) juveniles and fishes more than 1 year old utilize the Bay for nursery ground, 5) only juveniles utilize the Bay for nursery ground. There are more year-round resident species in the innermost part of the Bay (including *Zostera* zone) than in the mouth part of it.

5. The period of spring-community correspond to that in which water temperature is low and salinity is high, summer-community to that in which water temperature is high and salinity is decreasing, autumn-community to that in which water temperature is decreasing and salinity is increasing.

6. Seasonal changes of individual number of the fishes in the community at *Zostera* zone is correlated to that of the standing crop of *Zostera marina*.

7. Seasonal changes in occurrences of some species seem to be correlated to that of their food organisms.

8. The significance of seasonal and spatial divisions of community is discussed according to the viewpoint of the concept of nich space[2] (=carrying capacity) of each species.

長崎県平戸島の南端近くに位置する志々伎湾で，1975年初夏から西海区水産研究所を中心とした研究グループによってマダイの生態学的研究が行われている．筆者は着底期以後のマダイ幼魚をとりまく底生魚類群集の特徴を明らかにするという目的で，前報[1]では底生魚類の湾内における分布と，底質・植生による底生魚類群集の区分について報告した．前報[1]は生息場所による区分という空間的側面を中心に述べたのに対し，本報では，底生魚類群集の季節変化という時間的側面を中心に述べる．

本報では主要種の季節的消長と，生息場所と植生にもとづいて区分された各群集（以下，場所群集と呼ぶ）の季節的な区分について得られた結果を報告する．魚類相の季節変化については種数・個体数の経月変化について述べた．主要種の季節的消長は，幼魚の出現時期をあわせて示し，その期間から，産卵期・季節移動を推定し，生活史的側面から検討を加えた．これらの底生魚類の季節変化の諸相を，生息環境である海

況特性の季節変化との関係を軸にして，各場所群集ごとに季節的な区分を行なった．アマモ場の魚類については，アマモの季節変化との関係から考察を加えた．そして，場所的，季節的に区分された群集の意味をniche space[2]（ある種が生物的・物理的環境との関係の中で生息しうる量）という点から考察を加えた．

なお，前報[1]では湾内の5つの群集について述べたが，本報では潜水観察の結果しかないガラモ場群集は省略し，湾口部細砂域群集，湾中央部極細砂域群集，湾奥部細砂域群集，湾奥部アマモ場群集の4つについて検討を加えた．

本報告を行うにあたり，種々な御援助と御助言をいただいた，西海区水産研究所浅海開発部畔田正格，海洋部浜田七郎，長崎大学教育学部教授東幹夫の諸氏をはじめマダイ特別研究志々伎グループの皆様，京都大学農学部水産学教室の岩井保教授をはじめ，水産生物学講座の皆様には心から感謝したい．現地での調査に際して，種々の御協力をいただいた志々伎漁業協同組合の方々に厚くお礼申し上げる．最後に，本報告の発表の機会を与えていただいた西海区水産研究所佐藤重勝所長に謝意を表する．

材　料　と　方　法

底生魚類の採集は，底びき網（昼間8定点，T-1～8；夜間4定点，T-1，4，5，7），吾智網（昼間のみ11定点，G-1～11）によって行なった（Fig. 1）．今回用いた資料は，1975年6月から1976年7月までに原則として月1回調査を行って得られたものである．調査日程，底びき網・吾智網の漁具の概要，採集した標本の固定方法，そして志々伎湾の形状等については前報[1]で記したので省略する．

湾内の場所群集の概略図を Fig. 2 に示す．便宜上，以下の本文では，湾口部細砂域群集を群集A，湾中央部極細砂域群集を群集B，湾奥部細砂域群集を群集C，湾奥部アマモ場群集を群集Dと呼ぶことにする．

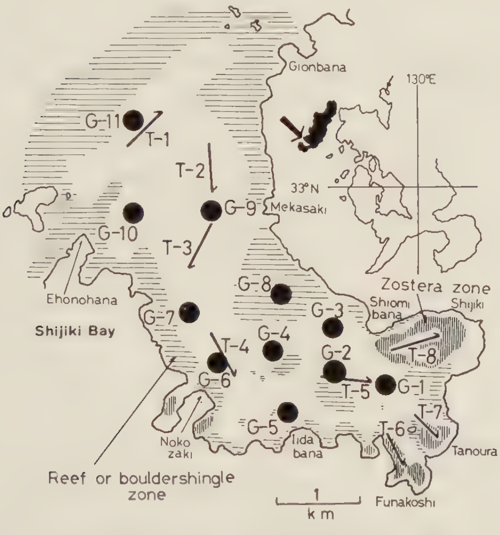


Fig. 1. 志々伎湾における底びき網と吾智網の定点
T-番号，底びき網；G 番号，吾智網
Sampling stations of the surveys by both small beam trawl and Gochi trawl in Shijiki Bay. T-number, small beam trawl; G-number, Gochi-trawl.

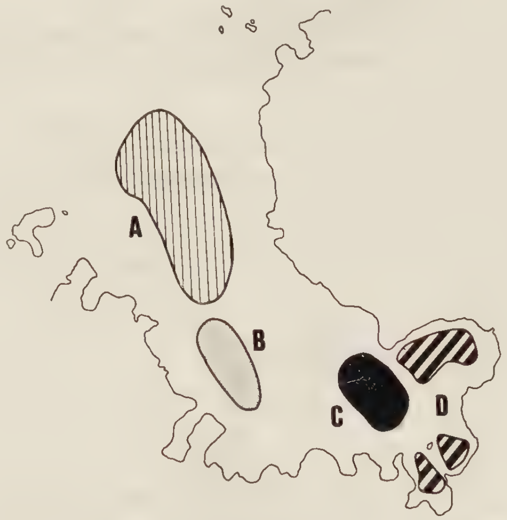


Fig. 2. 志々伎湾の底質・植生によって区分された底生魚類群集．A，湾口部細砂域群集；B，湾中央部極細砂域群集；C，湾奥部細砂域群集；D，湾奥部アマモ場群集．
Demersal fish communities divided by bottom-substratum and vegitation. A, the mouth of the Bay community; B, the central part of the Bay-community; C, the innermost part of the Bay; D, the *Zostera* zone community.

主要種の学名のうち，一部は，現在では変更されている[3,4]．しかし，前報[1] との不統一をさけるため，本報では前報の学名を用いた．但し，学名の変更された種については，本文中にカッコ付きで記しておいた．

結　果

1. 種数と個体数の季節変化

各場所群集の種数・個体数の季節変化には，それぞれの群集を代表する底びき網の4定点の昼・夜の調査から得られた資料を用いた．即ち，群集AはT-1，BはT-4，CはT-5，DはT-7である．結果はFig. 3に示す．

群集A（T-1）：7あるいは8～9月には20種にも達せず，種数が減少する．他の時期は約25～30種ぐらいで安定している．個体数は他群集に比べると周年少ない．しかし8月に急に増大する．8月の個体数の増大はヒメジの増加によるものである．

群集B（T-4）：種数は4～9月に多くなり，10月～翌3月に少なくなる．6～7月には他の群集に比べて種数が多くなっている．個体数は5～8月に多くなり，9月～翌4月に少なくなる．

群集C（T-5）：種数は10月～翌3月に20～25種と減少する．4～9月に25～30種余になる．個体数は4月と5月に非常に多くなっているが，これはスジハゼの増加による．他の時期には個体数の目立った季節変化はみられない．

群集D（T-7）：種数は10～11月の秋と3～4月の春に20種近くと少なくなる．5～9月，12月～翌2月には約30～40種と多く，2回の種数増大期をもつ．個体数は4～9月には1ケ月ごとに増減がくり返されるが，10月～翌3月には少なく月毎の増減もみられない．

以上より，種数・個体数の季節変化のパターンは，およそ次の3型に分けられる．群集A，夏から初秋に種数減少，8月に個体数増大；群集B・C，種数・個

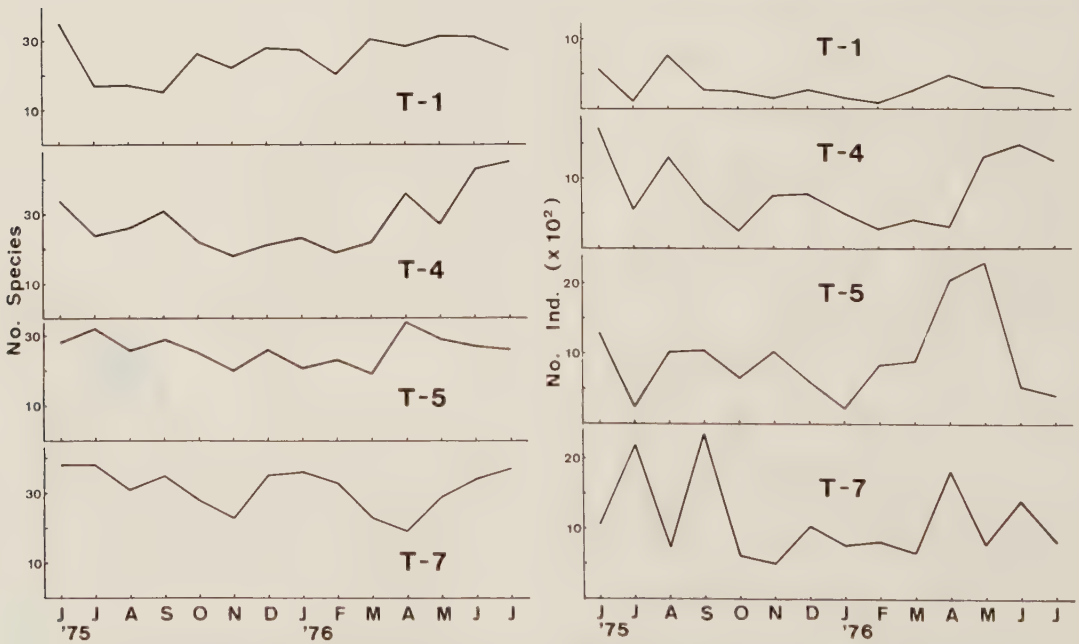


Fig. 3. 各場所群集を代表する底びき網の4定点における，種数・個体数の経月変化．右，種数；左，個体数．
Monthly changes of species and individual numbers in T 1, 4, 5, 7 which represent the spatial communities respectively. Right, species number; Left, individual number.

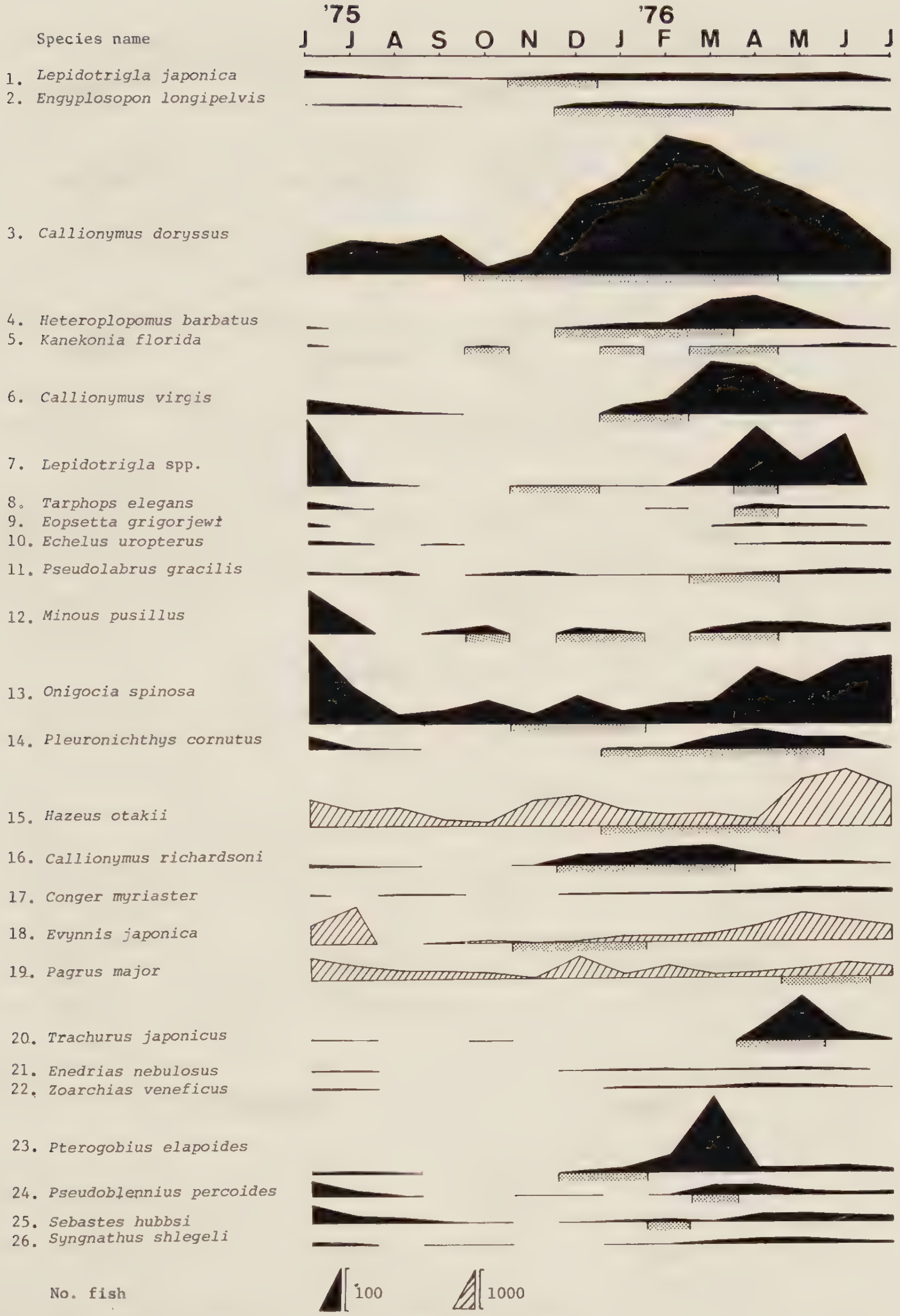


Fig. 4. 春型を示す種の採集個体数の経月変化．小点部は幼魚の出現期を示す．
Monthly changes of individual numbers in species which show the spring type. Dotted area shows the period in which the juveniles emerge.

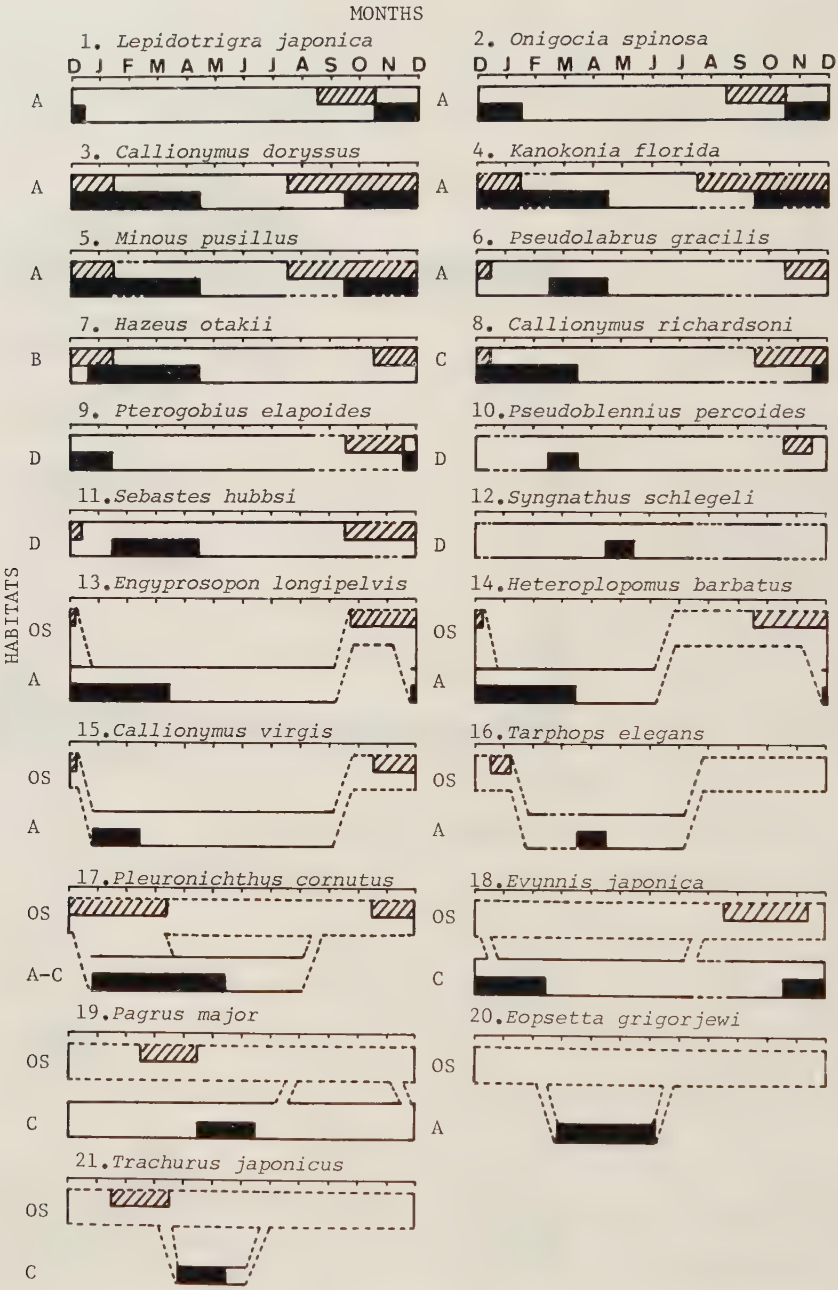


Fig. 5. 春型を示す種の生活史の概略図. A, 湾口部細砂域; B, 湾中央部極細砂域; C, 湾奥部細砂域; D, 湾奥部アマモ場; OS, 湾外. 斜線部分, 推定産卵期; 黒くぬりつぶした部分, 幼魚出現期. 点線は推測された生活史の部分を示す.

Diagrammatic illustrations of the life history of species which show the spring-type. A, the mouth of the Bay; B, the central part of the Bay; C, the innermost part of the Bay; D, the *Zostera* zone; OS, outside of the Bay. Area with oblique lines, conjected spawning season; black area, the period in which the juveniles emerge. The dotted line shows the conjected part of the life history.

体数が春から夏に増大；群集D，種数は春・秋に減少，個体数は10月～翌3月に減少，一方，種数の減少期という点からみれば，群集Dは2回あり，1回しかない他の群集とちがった特徴を持っている．

2.主要種の季節的消長

前報[1] で分布生態から周年定住種・季節的定住種（Kikuchi[5]，小池・西脇[6]）とした69種のうち，潜水観察にもとづくものを除いた59種に，ヨソギ *Stephanolepis japonica* を加えた60種について，それぞれの出現個体数の季節的消長を以下に記述する．各種の各月の個体数は，吾智網・底びき網（昼・夜）によって得られた結果を定点に関係なく合計したものである．

出現個体数が多くなる時期と，全長約20～30㎜の幼魚が出現する時期を考慮に入れて，各種の季節的消長を観察すると次の3つの季節型に分類された．即ち，12月～翌6月に上述した時期を持つ春型，6～8月の夏型そして9～11月の秋型である．春型を示す種の季節的消長を Fig. 4，夏型のは Fig. 6，秋型のは Fig. 8 に示す．

各種の季節的消長の生活史的側面をより深く知るために，幼魚の出現期から産卵期を推定した．全長20㎜に達するのに冬季（1～3月）では3ケ月，他は2ケ月必要であるとして，幼魚の出現期から逆算した．生活史的側面の模式図を，春型は Fig. 5，夏型は Fig. 7，秋型は Fig. 9 に示す．

春型から順を追って各種の季節的消長を以下に記述する．各季節型のなかでは，湾口部を中心に分布する種から湾奥部を中心に分布する種へ順を追って配置した．

1）春　型

トゲカナガシラ *Lepidotrigla japonica* (Figs. 4・1, 5・1)：周年，湾口部に生息する．個体数は12月～翌6月に多くなる．全長約20～30㎜の幼魚は11～12月に出現する．推定産卵期は9～10月である．

ヒメダルマ *Engyprosopon longipelvis* (Figs. 4・2, 5・13)：10～11月の秋に湾内から姿を消す．12月頃から，全長約20～30㎜位の幼魚と40～50㎜位の1歳魚以上が湾口部細砂域に出現する．12月～6月に個体数が多くなる．推定産卵期は10～12月であり，湾内にいなくなる時期に相当する．おそらく本種は湾内で成育し秋に産卵のために湾外へ移動するのであろう．

ヤリヌメリ *Callionymus doryssus* (=*Repomucenus huguenini*) (Figs. 4・3, 5・3)：周年多く採集されるが，6～11月には少なくなり，12月～翌5月に多くなる．全長約20～30㎜の幼魚は10月～翌4月に出現する．それによって特に2～3月に個体数が多くなる．推定産卵期は8月～翌1月である．

ニラミハゼ *Heteroplopomus barbatus* (Figs. 4・4, 5・14)：8～11月には全く採集されない．全長約20～30㎜の幼魚は12月～翌3月に出現し，3～5月に個体数が多くなる．推定産卵期は10～12月である．湾内で成育し，夏に湾外へ移動し秋に産卵し，幼魚が湾内にやってくるという生活史を持っていると思われる．

ハナチゴオコゼ *Kanekonia florida* (Figs. 4・5, 5・4)：3～6月には個体数は少ないが連続して採集された．7月から2月の間には，10月と1月にのみ採集された．全長約15～20㎜の幼魚が10月，1月，3～4月にみられたところから考えると，本種は7月～2月の間は採集されにくいような生息場所の変化か他の生態的変化があるものと思われる．あるいは分布密度が非常に小さくなるためかも知れない．推定産卵期は8月～翌1月である．

ホロヌメリ *Callionymus virgis* (=*Repomucenus virgis*) (Figs. 4・6, 5・15)：7～8月に個体数が減少しはじめ，10～12月には全く姿を消す．全長約25～30㎜の幼魚が1～2月に出現し，3～4月に個体数は増大する．推定産卵期は11～12月である．湾内から姿を消す時期は産卵期にあたっており，秋になると本種は産卵のため湾外へ移動するらしい．

カナガシラ類 *Lepidotrigla spp.* (Fig. 4・7)：7月に減少しはじめ，9～10月には全くみられない．3～6月に個体数が多くなる．全長約20～30㎜の幼魚は11～12月と4月にみられる．全長100㎜を越える個体は少なく，ほとんどが幼魚か未成魚である．このことはカナガシラ類が湾内を成育場として利用し，夏になると湾外へ移動してゆくことを示している．幼魚の出現期が複数になるのは，複数種の存在によるものであろう．

ユメアラメガレイ *Tarphops elegans* (Figs. 4・8, 5・16)：2月に全長約30㎜の個体が出現し，7月まで湾内に生息して後，姿を消す．4月には全長約20㎜の幼魚が出現している．推定産卵期は1月である．採集

Table 1. 吾智網によるチダイの定点別・採集日別採集個体数．カッコ内は尾叉長(㎜)の範囲を示す．各項上段は1歳魚以上，下段は当歳魚，(中間は両者の混成群)．
Catch in number of *Evynnis japonica* by Gochi-trawl net in each station from Jun. 11, 1975 to Jun. 18, 1976. Ranges in fork length (㎜) are in parentheses. Upper, individuals more than one year old; lower, juveniles.

Date \ Stn.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jun. 11-12, '75	10(69—101)	101(72—105)	55(82— 97)	10(77— 96)	9(84—171)	2(67— 67)		14(56— 97)			—
Jun. 21	382(71—102)	26(68— 94)	70(89—115)	2(150—152) 37(68— 91)	19(59— 90)		—	—			—
Jul. 1	98(76—105)	13(74—100)	13(84—103)	57(75—112)	264(81—108)						
Jul. 16	1(98)	482(76—124)	15(92—119)	30(86—111)	27(93—109)	2(105—119)					
Aug. 20											
Sep. 19	3(141—148)										
Oct. 26	94(131—197)										
Nov. 18											
Dec. 16	10(122—166)		3(28— 31)								
Jan. 24, '76		120(24— 46)	15(30— 39)		3(39— 46)	1(184)				1(136)	
Feb. 15	25(24— 39)		2(58— 62)	4(119—145)	80(132—164)				1(176)		
Mar. 16	1(46)		89(27— 45)	1(153) 2(49— 49)	5(129—143) 20(38— 58)	1(186)			—		
Apr. 8		1(171) 19(36— 65)		3(148—157)	29(48—155)			—			
Apr. 24	430(42—67)	83(39— 59)		3(51— 71)	1(234) 8(52— 76)	1(234) 2(67— 69)	1(59)		1(53)	1(147) 1(59)	
May 8	2(54— 61)	3(50— 55)	1(55)	5(57— 59)	59(132—188) 41(57— 87)	1(54)	—	—			
May 19	30(78— ?)	618(68—88)	462(57—83)	7(60— 73)	33(62— 87)	1(68)	2(60— 71)	—			
Jun. 2	1(70)	128(57—85)	1(73)	1(73)	4(73— 76)	10(144—157) 8(70— 91)	1(82)	—			
Jun. 18	37(67— 91)	717(68—104)		65(65— 92)	9(76— 99)	7(79—105)	1(82)				

Table 2. 吾智網によるマダイの定点別・採集日別採集個体数．カッコ内は尾叉長（㎜）の範囲を示す．各項上段は1歳魚以上，下段は当歳魚．
Catch in number of *Pagrus major* by Gochi-trawl net in each station from Jun. 11, 1975 to Jun. 18, 1976. Ranges in fork lengths are in parentheses. Upper, individuals more than one year old; lower, juveniles.

Date \ Stn.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jun. 11-12, '75	44(126—215) 32(25—51)	27(137—236) 32(27—52)	40(138—172) 5(17—57)	14(148—186) 10(17—47)	29(144—240) 8(16—49)	7(138—160) 2(24—42)	9(140—259)	24(148—242) 11(20—49)	10(151—169) 1(36)	3(164—168)	———
Jun. 21	1(182) 2(35—53)	27(146—193) 10(43—55)	1(153) 3(37—53)	7(145—169)	32(137—206) 2(35—46)	1(153)	———	———	2(160—250)	4(146—174) 1(35)	
Jun. 1	6(153—178) 80(33—69)	4(159—172) 130(29—67)	51(29—70)	30(31—69)		1(178)		5(150—176) 2(33—36)	4(31—40)	1(33)	5(32—41)
Jul. 16	83(43—83)	11(151—177) 31(38—82)	100(41—86)	1(154) 7(50—78)	11(163—262) 11(52—80)	2(173—179) 1(65)	2(42—43)	8(172—258) 2(48—66)	1(246) 1(72)	22(116—232) 2(48—49)	1(59)
Aug. 20	8(75—116)	1(182) 10(79—107)	1(192)	11(162—185)	19(172—254) 10(72—99)	4(188—208)	68(163—514) 5(77—97)	1(298) 31(79—103)	40(151—230)	1(290)	4(183—218)
Sep. 19	10(196—261) 176(92—129)	2(170—197) 2(104—124)	1(115)	3(206—225) 4(99—115)	7(182—241)	1(199)	3(196—213)		2(186—191)	1(194)	
Oct. 26	4(193 229) 104(105—152)	2(211—226) 1(137)	2(228—232) 1(147)		2(108—128)	1(200)	9(211—234)	3(203—234) 35(97—141)	6(185—233)		
Nov. 18	2(210—224)	5(200—240) 16(121—169)		12(205—245)	4(204—230)	1(206)	1(234)		2(218—230)		
Dec. 16	4(207-236) 347(111—175)	70(124—182)	3(217—226) 6(123—196)	41(194—290) 17(125—166)	11(192—232) 1(157)	21(203—228)	11(?—?)	6(?—?) 2(128—146)		1(?)	
Jan. 24 '76		2(146—158)		1(216) 21(122—161)	19(126—166)	2(196—208) 17(136—147)	1(218) 14(123—164)	6(214—253) 8(144—155)		4(185—252) 5(108—149)	
Feb. 15		2(221—224)	42(125—157)	34(119—174)	1(243) 105(118-166)	2(?—?) 58(122—167)	2(190—224) 53(114—162)	1(232) 42(136—161)	3(206—222) 3(114—182)		
Mar. 16	6(139—163)		7(146—184)	19(133—164)	42(123—176)	19(117—158)	1(157)		———		
Apr. 8	30(143—173)	6(124—158)		11(143—162)	73(127—193)			———			
Apr. 24	1(231) 1(159)		6(142—183)	1(250) 84(142—171)	6(147—185)	3(245—285) 12(143—177)	1(251) 12(?—147)			1(231) 8(125—166)	
May 8	8(149—180)		5(160—168)	42(135—176)	78(133—199)		———	———	3(183—202)	3(142—159)	
May 19	2(154—174)	23(141—182)	5(136—185)	77(136—262)	1(155)	14(134—174)	66(143—266)	———	13(157—252)		5(23—33)
Jun. 2	1(166) 6(37—42)	6(152—193) 7(28—37)	7(147—205) 7(26—44)	114(149 193)	10(151—186)	21(148—181)	18(154—191)	———	1(33)	1(346)	
Jun. 18	2(197-207) 294(25—53)	25(162—189) 45(34—55)	8(167—186) 3(41—49)	5(170—326)	16(158—204)		8(174—202) 5(39—51)	7(172—196)	1(198) 1(44)		

数が少ないので不詳であるが，夏から冬に湾外へ移動，産卵し，のち幼魚と1歳魚以上が湾内に索餌回遊し成育するものと思われる．

ムシガレイ *Eopsetta grigorjewi* (Figs. 4・9, 5・19)：3〜6月に出現する．全て小さな個体ばかりである．これは1月頃に生まれた対馬以西群[7]の当歳魚であろう．

ヒレアナゴ *Echelusu ropterus* (=*Myrophis uropterus*) (Fig. 4・10)：4〜7月，9月に出現する．

イトベラ *Pseudolabrus gracillis* (Figs. 4・11, 5・6)：ほとんど周年みられる．3〜4月に全長約30㎜の幼魚が出現する．この加入によって4〜8月に個体数が多くなる．推定産卵期は11〜12月である．

ヤセオコゼ *Minous pusillus* (Figs. 4・12, 5・5)：3〜7月に多く，他の時期は少ない．10月〜翌4月に全長約20〜30㎜の幼魚が出現する．推定産卵期は8月〜翌1月である．

オニゴチ *Onigocia spinosa* (Figs. 4・13, 5・2)：周年，出現する．4〜7月に個体数が多くなる．11月〜翌1月に全長15〜20㎜の幼魚が出現する．推定産卵期は9〜10月である．

メイタガレイ *Pleuronichthys cornutus* (Figs. 4・14, 5・21)：1〜8月に出現する．全長約20〜30㎜の幼魚は1〜5月にみられる．推定産卵期は11月〜翌3月である．秋になれば湾外へ去り，冬に産卵するものと思われる．

ユカタハゼ *Hazeus otakii* (=*Acentrogobius otakii*) (Figs. 4・15, 5・7)：周年，多く出現する．1〜4月に全長約15〜20㎜の幼魚が出現する．5〜6月に個体数が多くなる．推定産卵期は11月〜翌1月である．

ネズミゴチ *Callionymus richardsoni* (=*Repomucenus richardsonii*) (Figs. 4・16, 5・8)：12月〜翌4月に個体数のピークを持つ．全長20〜30㎜の幼魚は12月〜翌3月にみられる．採集されているのは，ほとんど幼魚ばかりであり，成長に伴い，より浅い所へ移動するものと思われる．

マアナゴ *Conger myriaster* (Fig. 4・17)：夏から秋にかけて出現個体数が少なくなる．4〜5月に多くなるが，これは全長約200㎜の当歳魚と思われる個体の加入によるものである．

チダイ *Evynnis japonica* (Figs. 4・18, 5・18)：8〜11月にあまり採集されなくなる．9・10・12月に湾奥部のG-1でしか採集されなかった1歳魚以上が1〜7月にかけては湾内の諸定点で採集される．このことは8月に湾外へ去った1歳魚以上が1月になると湾内に入ってくることを示していると思われる (Table 1)．尾叉長約20〜30㎜の幼魚は11月〜翌2月に出現する．推定産卵期は9〜11月である．

マダイ *Pagrus major* (Figs. 4・19, 5・19)：周年，湾内でみられるが，夏から秋にかけて個体数が少なくなる．12月〜翌7月に多くなる．12月に大きくなった当歳魚が湾内の諸定点で採集されはじめ，個体数もふえる．このことは12月に大きくなった当歳魚が湾内に入ってきていることを示している (Table 2)．尾叉長約20〜30㎜の幼魚は5〜6月に出現する．推定産卵期は3〜4月である．

近縁種のチダイとは，幼魚期では出現時期のズレによって競合は避けられている．しかし，マダイ幼魚の主食である Gammaridea[8] は，マダイ幼魚の出現期に増加している[9]．一方，チダイの尾叉長50㎜以下の幼魚は Copepoda を多く摂餌している[10]．木曾[8,11]によれば，マダイ幼魚は個体群密度の多い年には，その食物は Copepoda への依存度が大きい．これを，そのままチダイ幼魚の食性とあわせて考えると，志々伎湾は Copepoda を食べなくてはならないチダイ幼魚にとってよりも，Gammaridea をたくさん食べることが出来るマダイ幼魚にとっての方が成育するのにより有利な条件を示している．マダイの大きくなった当歳魚とチダイの1歳魚は，湾内に入ってくる時期が重なり，生息場所もよく似ているので競合関係について今後検討を加える必要がある．

マアジ *Trachurus japonicus* (Figs. 4・20, 5・21)：4〜6月に出現する．ほとんどが幼魚である．

ギンポ *Enedrias nebulosus* (Fig. 4・21)：8〜11月には全く出現しない．この時期にはアマモ場の外へ移動しているものと思われる．4〜5月に全長約60〜80㎜の未成魚が出現する．

カズナギ *Zoarchias veneficus* (Fig. 4・22)：1〜8月に出現する．

キヌバリ *Pterogobius elapoides* (Figs. 4・23, 5・9)：12月〜翌8月に出現する．3月に出現個体数のピークを持つ．全長約25〜30㎜の幼魚は12月〜翌1月に出現する．推定産卵期は10〜11月である．

アナハゼ *Pseudoblennius percoides* (Figs. 4・24,

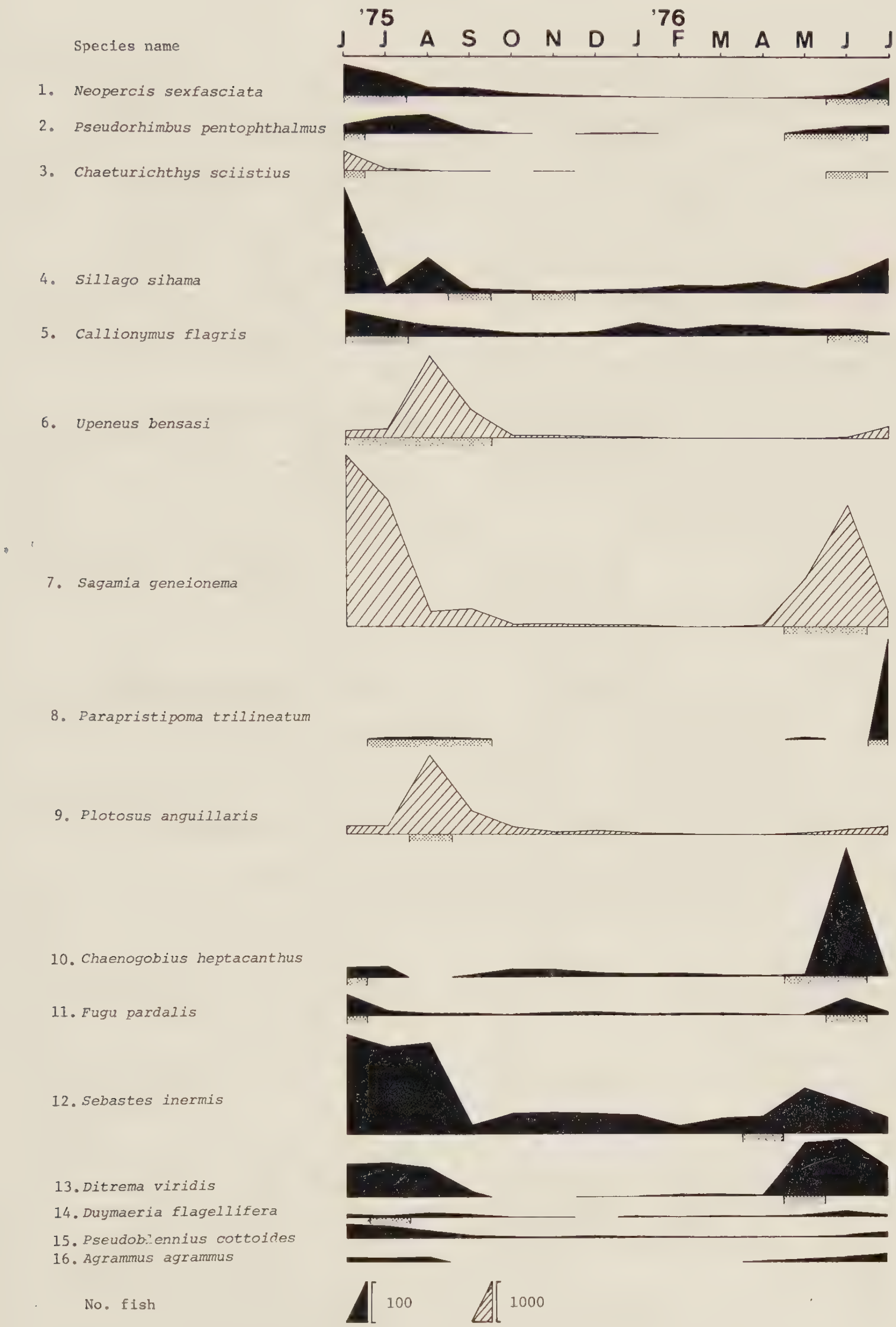


Fig 6. 夏型を示す種の採集個体数の経月変化．記号の説明は Fig. 4 に同じ．
Monthly changes of individual numbers in species which show the summer type. Marks the same as for Fig. 4 .

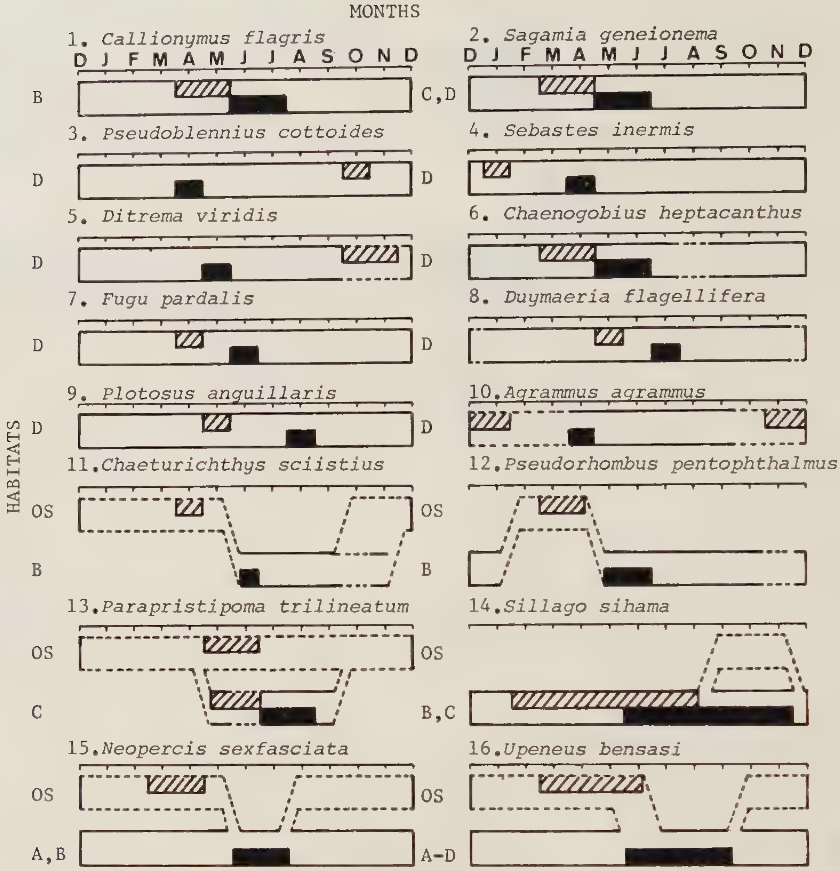


Fig. 7. 夏型を示す種の生活史の概略図．記号の説明は Fig. 5と同じ．
Diagrammatic illustrations of the life history of species which show the summer-type. Abbreviations the same as for Fig. 5.

5・10)：8月〜翌2月には，ほとんど出現しない．全長約25〜30㎜の幼魚が3月に出現する．推定産卵期は11月である．

モヨ *Sebastes hubbsi* (Figs. 4・25, 5・11)：9月〜翌3月までは個体数が少なくなる．全長約30㎜の幼魚が2〜4月に採集された．推定産卵期は10〜12月である．

ヨウジウオ *Syngnathus shlegeli* (Figs. 4・26, 5・12)：8月〜翌2月には，アマモ場での個体数が非常に少なくなる．5月に全長約100㎜の未成魚が出現する．

2) 夏 型

クラカケギス *Neopercis sexfasciata* (＝*Parapercis sexfasciata*) (Figs. 6・1, 7・15)：6〜7月に多い．ほとんどが全長約30㎜の幼魚である．この時期，本種は湾内を成育場として，秋になると湾外へ去るのであろう．推定産卵期は3〜4月である．

タマガンゾウビラメ *Pseudorhombus penthophthalmus* (Figs. 6・2, 7・12)：5〜8月に多くなる．秋に少なくなり，2〜4月には全く姿を消す．全長約20〜30㎜の幼魚は5〜6月に出現する．推定産卵期は3〜4月である．姿を消す時期と産卵期が一致することから，産卵のために季節移動を行なうものと考えられる．若狭湾由良川沖では季節移動を行なっていないと考えられるような結果が得られている[12]のと対照的である．産卵期は若狭湾で4〜5月[13]であるのよりは1ケ月早くなっている．

コモチジャコ *Chaeturichthys sciistius* (Figs. 6・3, 7・11)：6～9月に出現する．11月に若干採集されているが，他の時期には全く湾内から姿を消す．6月に全長約20～30㎜の幼魚が出現する．推定産卵期は4月である．おそらく季節移動を行ない，湾外で産卵していると思われる．若狭湾由良川沖では季節移動を行なわないという報告[12]と異なっている．タマガンゾウビラメの場合とよく似ており，志々伎湾の外洋性的な湾としての特性に起因するのかも知れない．

キス *Shillago sihama* (＝*Shillago japonica*) (Figs. 6・4, 7・14)：周年みられるが，6～8月に多い．9～11月には大型（全長150㎜以上）の個体は全くみられず，おそらく湾外へ移動するものと思われる．そして12月か1月ごろ湾内に入ってくるようである．この間，小型（全長50㎜前後）の個体が少数採集されるのみである．全長約20～40㎜の幼魚は6～11月にみられた．推定産卵期は4～8月である．この時期は湾内で大型のものが多く採集される時であり，おそらく産卵群と思われる．

ハタタテヌメリ *Callionymus flagris* (＝*Repomucenus valenciennei*) (Figs. 6・5, 7・1)：周年出現する．6～7月に全長約20～30㎜の幼魚が出現する．この時期個体数が増える．推定産卵期は4～5月である．

ヒメジ *Upeneus bensasi* (Figs. 6・6, 7・16)：7月から個体数が増加しはじめ，8月に最も多くなり，10月～翌6月には非常に少なくなる．6～9月に出現するほとんどの個体は全長約30～60㎜の未成魚である．7～8月に湾内を生息場とし，10月になれば多くの個体は湾外へ去るのであろう．推定産卵期は3～6月である．

サビハゼ *Sagamia geneionema* (Figs. 6・7, 7・2)：5～7月に個体数が多くなる．他の時期は非常に少なくなる．特に1～4月前半には激減し，アマモ場に大型個体がみられるだけとなる．全長20～30㎜の幼魚は5～6月に出現する．推定産卵期は3～4月である．

イサキ *Parapristipoma trilineatum* (Figs. 6・8, 7・13)：5～9月に出現する．7～8月には全長15～30㎜の幼魚が出現する．推定産卵期は5～6月である．この時期湾内でも成魚が採集され，湾内産卵の可能性を示している．幼魚の滞留期間は短いが湾奥部は成育場となっていると思われる．

ゴンズイ *Plotosus anguillauis* (＝*Plotosus lineatus*) (Figs. 6・9, 7・9)：周年出現する．8月に全長30㎜前後の幼魚が出現し，個体数が非常に多くなる．推定産卵期は5月である．

ニクハゼ *Chaenogobius heptacanthus* (Figs. 6・10, 7・6)：ほぼ周年，出現する．5～6月に全長10～30㎜の幼魚が出現し，6月には個体数がピークに達する．推定産卵期は3～4月である．神奈川県小田和湾では本種の湾内における季節移動が示唆されている[14]が，志々伎湾ではアマモ場に周年みられる．

ヒガンフグ *Fugu pardalis* (＝*Takifugu pardalis*) (Figs. 6・11, 7・7)：周年，出現する．6月に全長約20～30㎜の幼魚が出現し，個体数が多くなる．推定産卵期は4月である．

メバル *Sebastes inermis* (Figs. 6・12, 7・4)：周年，出現する．4月に全長約30㎜の幼魚がアマモ場に出現しはじめ，5～8月に，これら幼魚によって個体数が増加する．9月から個体数は減少しはじめる．メバルは卵胎生であり，浮遊期稚魚の産出期は，幼魚の出現期からみて1月である．これらのことは瀬戸内海笠岡湾や島根県中海からの報告[15,16]とよく一致する．そして9月からの減少は，幼魚がアマモ場から岩場へ移動[15,16]した結果と思われる．

アオタナゴ *Ditrema viridis* (Figs. 6・13, 7・5)：全長約40～50㎜の幼魚が5月に出現し，5～8月に個体数が多くなる．9月に個体数が減少しはじめ，10～11月にはアマモ場に全く姿をみせなくなる．神奈川県小田和湾では，この時期は交尾の季節である[17]が，志々伎湾でも同様であろう．交尾のためにアマモ場以外のどこか（湾内であろう）へ移動しているものと思われる．

オハグロベラ *Duymaeria flagellifera* (＝*Pteragogus flagellifer*) (Figs. 6・14, 7・8)：6～9月に他の時期にくらべてやや多い．7月に全長約20㎜の幼魚がみられた．推定産卵期は5月である．

アサヒアナハゼ *Pseudoblennius cottoides* (Figs. 6・15, 7・3)：6～8月に個体数が多くなる．全長約40～50㎜の幼魚が4～5月にみられる．しかし，40㎜未満の小さな個体が，未だ採集されていない．推定産卵期は10月である．

クジメ *Agrammus agrammus* (＝*Hexagrammus agrammus*) (Figs. 6・16, 7・10)：4～9月にみられ

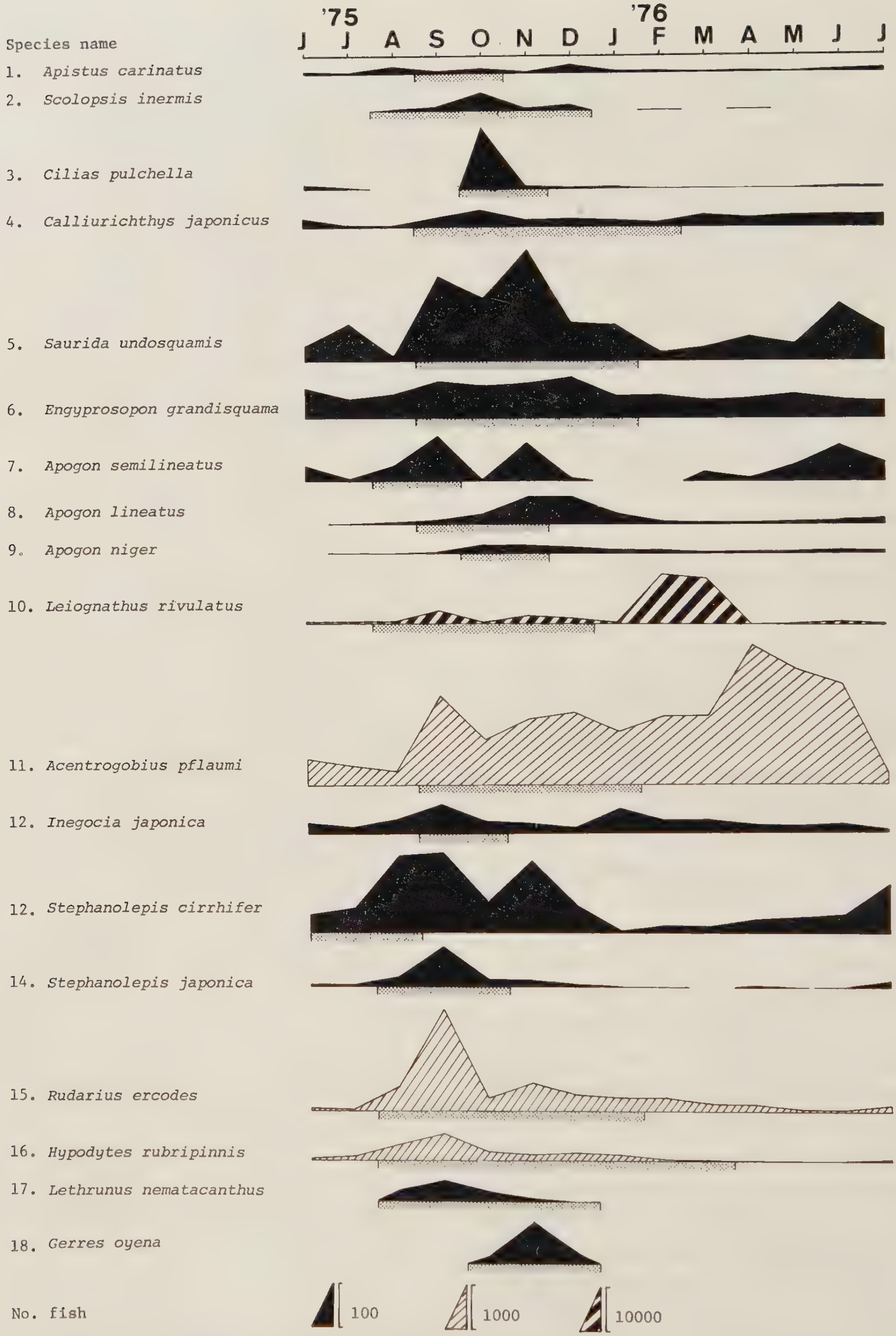


Fig. 8. 秋型を示す種の採集個体数の経月変化. 記号の説明は **Fig.** 4 に同じ.
Monthly changes of individual numbers in species which show the autumn-type. Marks the same as for Fig. 4.

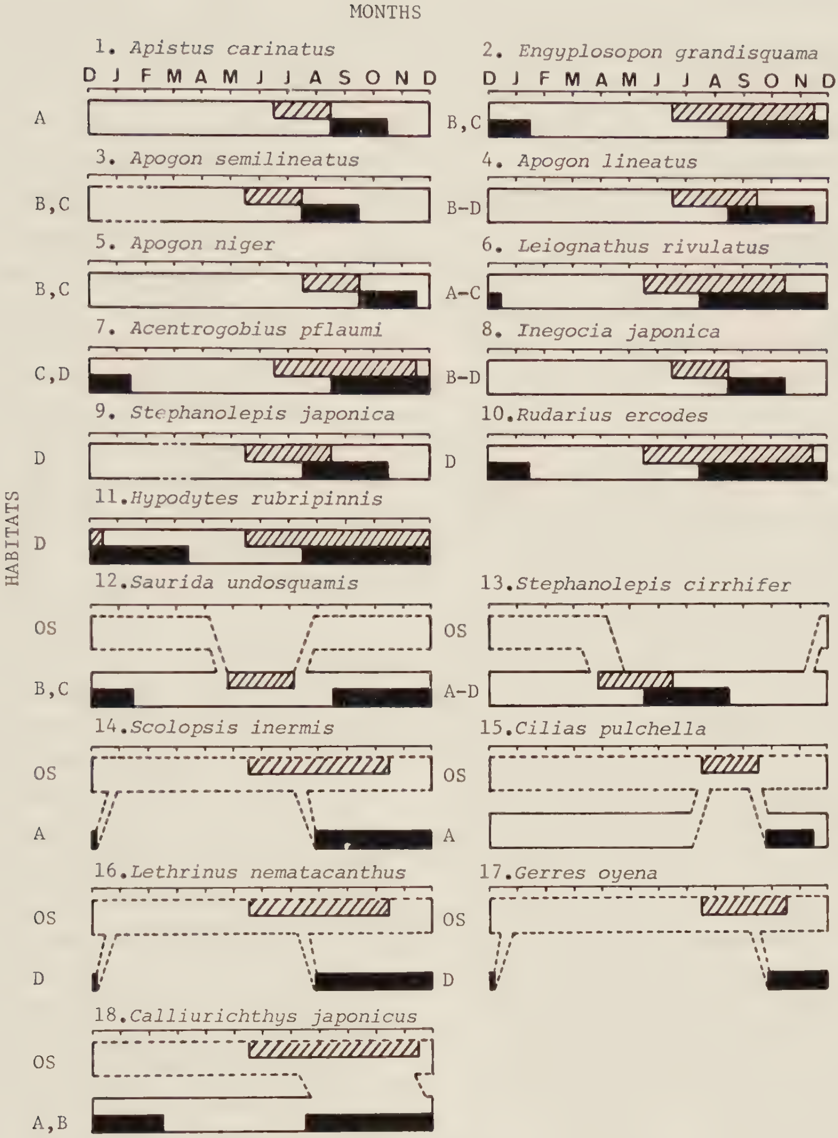


Fig. 9. 秋型を示す種の生活史の概略図．記号の説明は **Fig. 5** と同じ．
Diagrammatic illustrations of the life history of species which show the autumn-type. Abbreviations the same as for Fig. 5.

る．4月に全長70㎜ぐらいの幼魚がみられる．入江[18]によると，舞鶴湾のガラモ場では，11月～翌1月が産卵期で，稚魚は表層生活を送り，5月頃にはほとんどの個体が体長60㎜に達し底生生活に移行する．この報告から考えると，志々伎湾の全長70㎜の個体は着底直後のものと思われる．本種はアマモ場を成育場のひとつとして利用し，秋になれば，ガラモ場へ移動してゆくようである．入江[18]によれば，1年で体長100㎜余になるという．志々伎湾のアマモ場では全長100㎜以上の個体も出現していることから，1歳魚以上もアマ

モ場を索餌場のひとつとしているようである.

3) 秋 型

ハチ *Apistus carinatus* (Figs. 8・1, 9・1)：周年，出現する. 8～12月に個体数が多くなる. 全長約20～30㎜の幼魚が9～10月に出現する. 推定産卵期は7～8月である. 11月以後，小さな個体がとれなくなる.

タマガシラ *Scolopsis inermis* (Figs. 8・2, 9・14)：主に8～12月に出現し，10月に最も多くなる. 全て全長20～50㎜の幼魚である. 志々伎湾沖の岩礁域で成魚が釣によって漁獲されていることを考えると，本種の幼魚は志々伎湾の湾口部細砂域を成育場として利用していると考えられる. 推定産卵期は6～10月である.

トラギス *Cilias pulchella* (=*Parapercis pulchella*) (Figs. 8・3, 9・15)：10月に全長約20～50㎜の幼魚が多くみられる. 他の時期は少ない. 8～9月に未成魚・成魚とも姿を消す. 幼魚の出現が10月に集中していることから推定産卵期は8月である. 従って，産卵のため湾外のどこかへ移動していることを示唆している. 湾口部細砂域が幼魚の成育場となっているのであろう.

ヨメゴチ *Calliurichthys japonicus* (Figs. 8・4, 9・18)：周年出現するが，小型の個体ばかりである. 全長約20～30㎜の幼魚は9月～翌2月に出現する. 推定産卵期は6～11月である. 大型個体がいないところから考えれば，志々伎湾は本種の主な生息場所ではないと思われる.

マエソ *Saurida undosquamis* (Figs. 8・5, 9・12)：周年出現する. 全長約30～50㎜の幼魚は9月～翌1月に出現する. それによって9～11月に個体数が増える. 9月～翌4月には全長200㎜以上の個体はほとんどみられず，大型個体は紀伊水道で報告されているように[19]，季節移動を行ない湾外へ出ると思われる. 推定産卵期は5～7月であり，5月に湾内に入ってくる全長200㎜以上の大型個体は産卵群ではないかと思われる. 本種は秋に湾内を幼魚の成育場として利用しているように思われる.

ダルマガレイ *Engyprosopon grandisquama* (Figs. 8・6, 9・2)：周年出現する. 全長約20～30㎜の幼魚は9月～翌1月に出現する. その加入によって9～12月に個体数が増える. 推定産卵期は7～11月である.

ネンブツダイ *Apogon semilineatus* (Figs. 8・7, 9・3)：6月，9月，11月に個体数が多かった. 8～9月に全長約20㎜の幼魚が出現する. 推定産卵期は6～7月である. 1～2月には全く採れなくなる. 和歌山県白浜の岩礁地帯では小型南方系魚類は冬の低温期をサンゴや岩のすき間に隠れ込んで休眠する[20]. 本種は亜熱帯性の種であり[21]，昼間は岩礁域ですごしていることから，志々伎湾の冬の低温期には岩礁域で休眠し採集されなくなるものと考えられる.

テンジクダイ *Apogon lineatus* (Figs. 8・8, 9・4)：周年みられる. 全長約20～30㎜の幼魚は9～11月に出現する. その加入によって11～12月に個体数がふえる. 推定産卵期は7～9月である. 山口県油谷湾では本種の産卵期は7月下旬～9月下旬である[22]が，志々伎湾のものと一致する.

クロイシモチ *Apogon niger* (Figs. 8・9, 9・5)：周年みられる. 全長20㎜までの幼魚が10～11月に出現する. その加入によって10～11月に個体数がふえる. 推定産卵期は8～9月である.

志々伎湾において，テンジクダイ属魚類3種（ネンブツダイ，テンジクダイ，クロイシモチ）の幼魚の出現開始期は1ケ月ずつずれている. このことは近縁種間の競合の回避という点からみて非常に興味深い.

オキヒイラギ *Leiognathus rivulatus* (Figs. 8・10, 9・6)：周年，湾内にみられる. 2～3月に個体数がきわめて多くなる. 全長17～30㎜の幼魚が8～12月に出現し，産卵期は6～10月と推定される. 2～3月には湾奥部に分布が集中する. 他の時期は湾内に分散分布している. これは季節により本種の分布状態・群れの大きさが変化することを示している. 2～3月に比して8～12月に個体数が少ないのは，生態の変化が採集効率に反映したのかも知れない. そうすると幼魚の出現期から考えると本種は秋型であろう.

スジハゼ *Acentrogobius pflaumi* (Figs. 8・11, 9・7)：周年，湾奥部に出現する. 全長約10～20㎜の幼魚は9月～翌1月に出現する. この加入によって9月～翌4月に個体数がふえるが，幼魚の出現期を考えに入れると，本種は秋型であろう.

トカゲゴチ *Inegocia japonica* (Figs. 8・12, 9・8)：周年出現する. 9～10月に全長約20～40㎜の幼魚が出現する. 推定産卵期は7～8月である.

カワハギ *Stephanolepis cirrhifer* (Figs. 8・13, 9・13)： 6～8月に全長約20～30㎜の幼魚がアマモ場に

出現する．そして11月頃までアマモ場を成育場とし，以後幼魚は湾内から姿を消す．大型個体は，周年，湾内の砂泥底に広く生息している．しかし，1～3月の低水温期には個体数は減少し，大部分は湾外へ出るものと思われる．5月には全長150㎜前後のものが採集されはじめるが，これは湾外へ出ていたものが入ってきたのであろう．推定産卵期は4～6月であり，湾内産卵の可能性があると思われる．

ヨソギ *Stephanolepis japonica* (Figs. 8・14, 9・9)：8～10月に全長20～30㎜の幼魚がみられ，9月に最も多くなる．1～6月には非常に少なくなる．推定産卵期は6～8月である．湾奥部のアマモ場が主な生息場所である．

アミメハギ *Rudarius ercodes* (Figs. 8・15, 9・10)：周年アマモ場に生息する．全長約15～20㎜の幼魚は8月～翌1月に出現し，9月に最も多くなる．推定産卵期は6～11月である．志々伎湾の本種の個体群は，神奈川県小田和湾でみられたような季節的に複雑な個体数変動[23]をしない．従って小田和湾で予想された季節移動は志々伎湾ではしないと思われる．

ハオコゼ *Hypodytes rubripinnis* (Figs. 8・16, 9・11)：周年アマモ場に生息している．全長約20～30㎜の幼魚は8月～翌4月に出現し，9月に最も多くなる．推定産卵期は6～12月である．アミメハギと季節変化のパターンが非常によく似ている．

イトフエフキ *Lethrinus nematacanthus* (Figs. 8・17, 9・16)：8～12月に出現し，9月に最も多い．全て幼魚であり，湾内の他の場所に成魚がみられないことから，幼魚期のみアマモ場を利用するようである．推定産卵期は6～10月である．

クロサギ *Gerres oyena* (Figs. 8・18, 9・17)：10～12月に出現し，11月に最も多くなる．すべて幼魚であり，湾内の他の場所に成魚がみられないことから，幼魚期のみアマモ場を利用するようである．推定産卵期は8～10月である．

各種の季節的消長の型を生活史的側面からまとめると，春型を示す種の大部分は，産卵が9～10月を中心とする秋に行われ，12月から翌6月の間に幼魚が出現し個体数が増大する．夏型を示す種の大部分は産卵が4～5月の春に行われ，6～8月に幼魚が出現し個体数が増大する．秋型を示す種は産卵が6～8月の夏に行われ，9～11月を中心とする秋に幼魚が出現し個体数が増大する．

ただし，マダイやマアジのように春型でありながら産卵が3～5月の春という例外もある．

3. 群集の季節区分

各魚種の季節型をもとに，前報[1]で底質・植生によって区分された場所群集のそれぞれを，季節によって群集を区分すること，つまり季節群集に分けることが可能である．各場所群集ごとに季節群集の区分を以下に記す．場所群集と季節群集の関係を Fig. 10 に示した．

群集A：トゲカナガシラ，ヒメダルマ，ヤリヌメリ，ニラミハゼ，ハナチゴオコゼ，ホロヌメリ，カナガシラ類，ユメアラメガレイ，ムシガレイ，ヒレアナゴ，イトベラ，ヤセオコゼ，オニゴチの13種の専在種[24]（あるひとつの生息場所に主として分布している種）に広域分布種のメイタガレイを加えた14種を中心に，かなりはっきりした春季群集をかたちづくる．夏季群集はヒメジとクラカケギスの両種の幼魚で形成される．しかし，圧倒的にヒメジが優占的である．秋季群集は，ハチ，タマガシラ幼魚，トラギス幼魚，ヨメゴチの専在種とオキヒイラギ，カワハギの広域分布種（ふたつ以上の生息場所に分布している種）を加えた6種を中心として形成されている．

群集B：春季群集はユカタハゼの専在種に加え，メイタガレイ，マアナゴの3種を中心として形成される．しかし，ユカタハゼが圧倒的に優占的である．夏季群集はタマガンゾウビラメ，コモチジャコ，ハタタテヌメリの専在種と，ヒメジ，キスの広域分布種の6種を中心に，周年定住種のユカタハゼを加えて形成される．秋季群集は，群集Cとの共通種であるマエソ，ダルマガレイ，ネンブツダイ，クロイシモチの4種に，オキヒイラギ，カワハギ，テンジクダイ，トカゲゴチの広域分布種で形成される．

群集C：春季群集は，ネズミゴチ，チダイ，マダイ，マアジ幼魚の専在種と，メイタガレイ，マアナゴの広域分布種を中心として，周年定住種のスジハゼを加えて形成される．夏季群集は，イサキの専在種に加えて，ヒメジ，キス，サビハゼの広域分布種によって形成される．秋季群集は，群集Bとの共通4種の他，オキヒイラギ，カワハギ，テンジクダイ，トカゲゴ

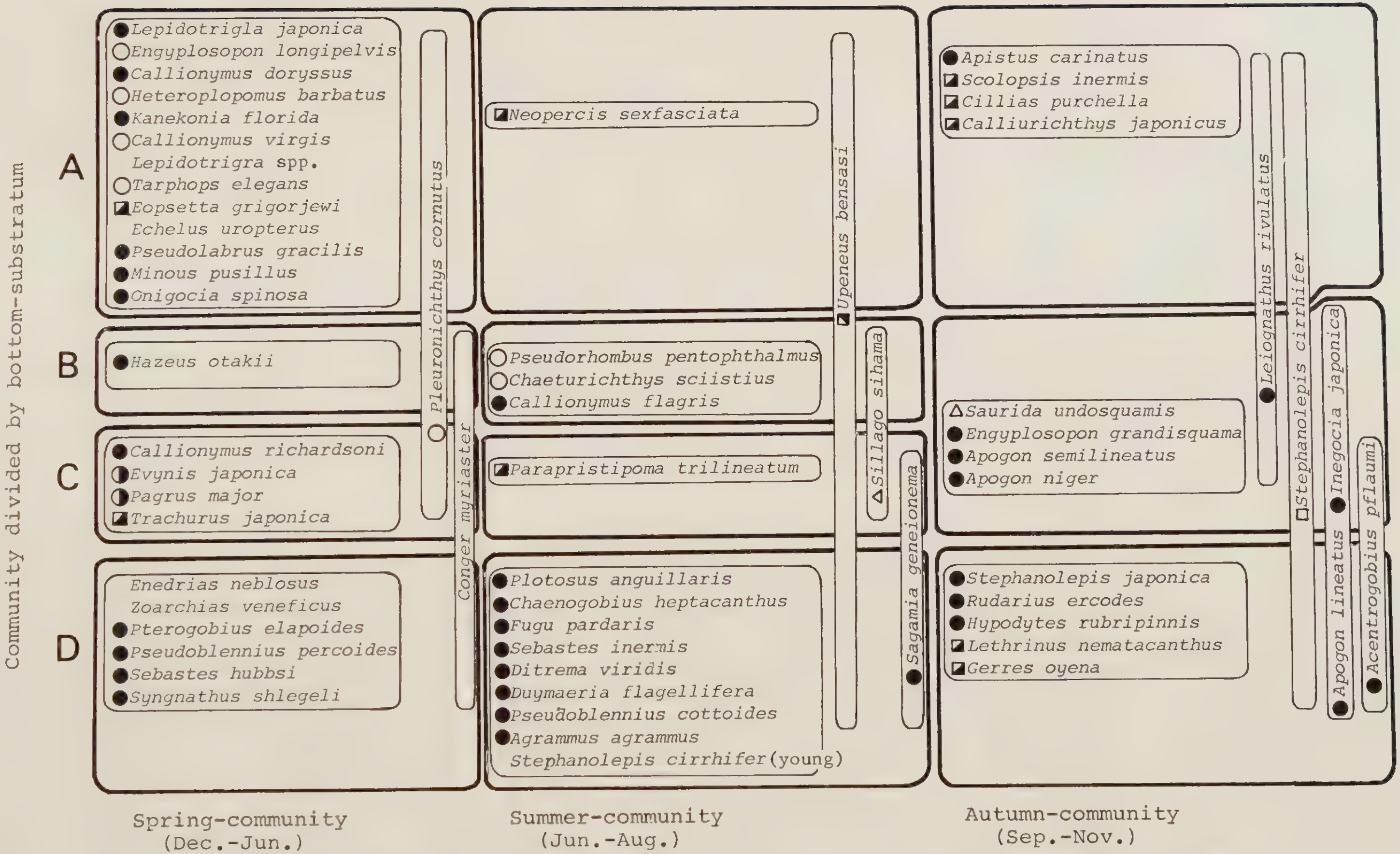


Fig. 10. 場所的・季節的に区分された群集とそれに含まれる種．各種名の前の記号は志々伎湾に対する各種の利用形態を示す．●，周年定住種；○，季節的定住種－1；△，季節的定住種－2；□，季節的定住種－3；◑，季節的定住種－4；◪，季節的定住種－5．季節的定住種5型の説明は本文参照．

Community divided by space and season, and the species in it. Mark on the head of each species shows its way of life in the Bay. ●, year-round resident; ○, seasonal resident 1; △, seasonal resident-2; □, seasonal resident 3; ◑, seasonal resident-4; ◪, seasonal resident-5. Explanations of the seasonal resident-types, see text.

チ，スジハゼの広域分布種によって形成される．

群集D：春季群集は，ギンポ，カズナギ，キヌバリ，アナハゼ，モヨ，ヨウジウオの専住種に加えて，広域分布種のマアナゴの7種を中心として形成される．夏季群集はゴンズイ，ニクハゼ，ヒガンフグ，メバル，アオタナゴ，オハグロベラ，アサヒアナハゼ，クジメ，カワハギ幼魚の専住種に加え，広域分布種のヒメジ，サビハゼの11種を中心として形成される．秋季群集は，ヨソギ，アミメハギ，ハオコゼ，イトフエフキ幼魚，クロサギ幼魚の専住種に加え，広域分布種のカワハギ，スジハゼの7種を中心として形成されている．

群集Aは，構成する種数において，春季群集が卓越している．群集BとCは，共通の秋季群集を形成することにより，秋には場所群集の区分が不明瞭になる．群集Dは春季・夏季・秋季群集のすべて，それぞれ構成種は多いが，なかでも夏季群集が一番多い．

4. 主要種の湾内の利用形態

主要種の湾内の利用形態（周年定住種・季節的定住種）を Fig. 10 の各種名の前に記号で記した．

周年定住種．春型：群集A，トゲカナガシラ，ヤリヌメリ，ハナチゴオコゼ，イトベラ，ヤセオコゼ，オニゴチ；群集B，ユカタハゼ；群集C，ネズミゴチ；群集D，キヌバリ，アナハゼ，モヨ，ヨウジウオ．夏型：群集B，ハタタテヌメリ；群集D，ゴンズイ，ニクハゼ，ヒガンフグ，メバル，アオタナゴ，オハグロベラ，アサヒアナハゼ，クジメ；群集C〜D，サビハゼ．秋型：群集A，ハチ；群集B〜C，ダルマガレイ，ネンブツダイ，クロイシモチ；群集D，ヨソギ，アミメハギ，ハオコゼ；群集A〜C，オキヒイラギ；群集B〜D，テンジクダイ，トカゲゴチ；群集C〜D，スジハゼ．

季節的定住種は，次の5型に分けられる．

1）1歳魚以上と幼魚（当歳魚）が湾内を索餌場・成育場として利用し，産卵期になれば湾外へ移動する．春型：群集A，ヒメダルマ，ニラミハゼ，ホロヌメリ，ユメアラメガレイ；群集A〜C，メイタガレイ．夏型：群集B，タマガンゾウビラメ，コモチジャコ．

2）産卵のため湾内に来て，幼魚が湾内を成育場としている．夏型：群集C，イサキ；群集B〜C，キス．秋型：群集B〜C，マエソ．

3）個体群の1部が季節移動して湾外へ出るが，湾内で産卵を行ない，成魚・幼魚とも湾内で生息する．秋型：群集A〜D，カワハギ．

4）幼魚（当歳魚）と1歳魚が湾内を成育場として利用している．春型：群集C，マダイ，チダイ．

5）幼魚（当歳魚）のみが湾内を成育場として利用している．春型：群集A，ムシガレイ；群集C，マアジ．夏型：群集A，クラカケトラギス；群集A〜D，ヒメジ．秋型：群集A，タマガシラ，トラギス，ヨメゴチ；群集D，イトフエフキ，クロサギ．

以上より，群集Aは，群集B・Cに比べて，季節的定住種が多い．即ち，湾口に近い所にすむ種に季節移動をするものが多い．群集D，即ち湾奥部アマモ場群集は，ほとんどが周年定住種である．

群集Cには，水産上重要な魚種であるマダイ，チダイ，イサキ，マアジの幼魚が多く含まれている．このことは湾奥部細砂域は，これら重要魚の幼魚の成育場として，大切な水域であることを示している．

考　察

1. 砂質域魚類群集の季節変化の特徴

魚類相あるいは魚類群集の季節変化に関する報告は，岩礁域あるいはアマモ場のものが多く，砂質域のものは，ほとんどない。以下に志々伎湾の砂質域の魚類相の季節変化を種数と個体数の面から，その特徴を検討してみる．

砂質域の群集（A〜C）とアマモ場の群集（D）は種数の季節変化の減少期の回数に違いがみられたが，これは両者の生息場所の性格の違いを反映した魚種組成の相違にもとづくものと考えられる．

砂質域の群集（A〜C）の季節変化は岩礁域のものとも異なっている．岩礁域の魚類の種数・個体数は，初夏から秋の高水温期に増加する[20,25]．これは，南方系の偶来種あるいはその幼魚が高水温期にふえるためであり，これらの南方系種の幼魚は場合によっては冬の低水温期をのりきれずに死滅する[20]．志々伎湾の砂

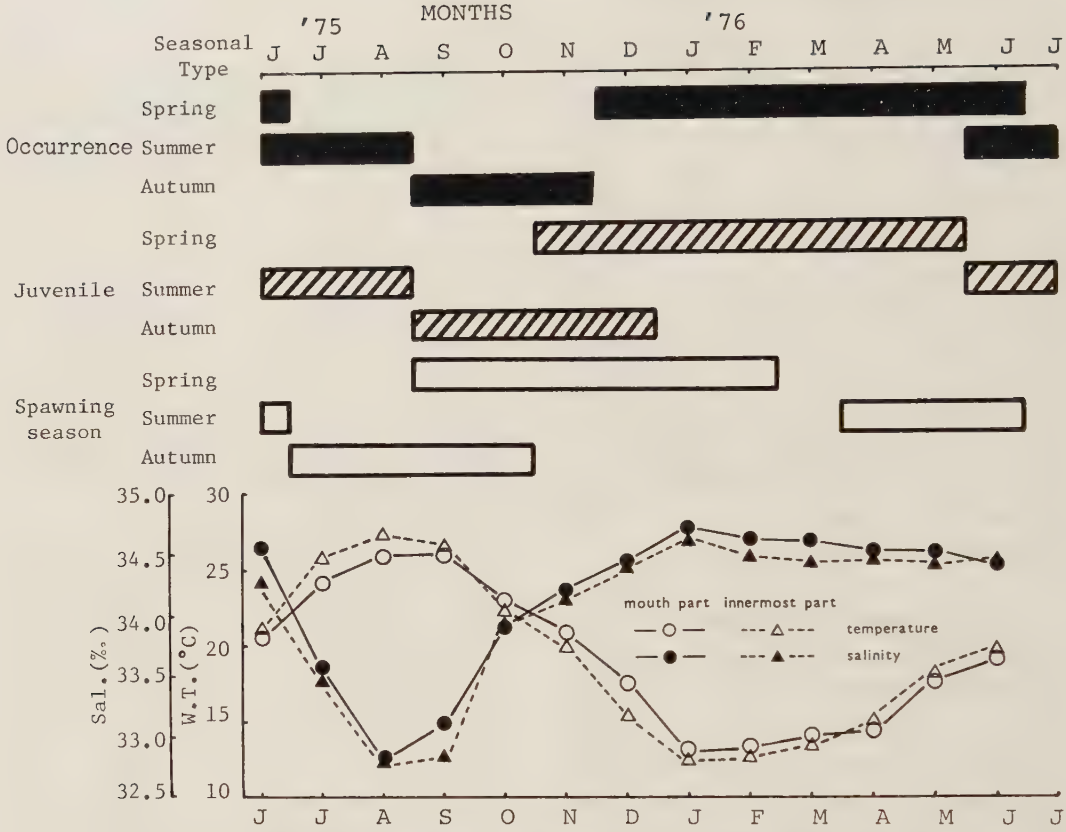


Fig. 11. 各種の生活史的側面からみた季節的消長の概略図と海況特性の季節変化との対応関係．志々伎湾の海況特性は浜田[26]による．
Diagrammatic illustration showing the relationship between the seasonal characters of the fishes and the hydrographic nature of the Bay. The hydrographic nature from Hamada[26].

質域の魚類群集の種数は，高水温期に増加を示すということはない．これは低水温期に死滅する南方系種が，高水温期の砂質域に来ないということと，低水温期の影響をあまりうけていないと思われる春型の種が多く存在することによると考えられる．これらの相違点は，志々伎湾の砂質域の魚類群集の特徴をはっきりと示している．

群集BとCは，種数，個体数の季節変化が非常によく似ている．また，これら両群集は，共通の秋季群集を形成する．このことは，群集BとCの性格がよく似ていることを示している．群集BとCの性格の類似は，湾内においてマダイ幼魚の個体群密度が高い時に，ひとつの意味を持っているようである．1975年から1977年の3年間でマダイ幼魚の個体群密度は約10倍の幅で変動し，すみ場所を湾奥部細砂域（群集Cの場所）から湾中央部極細砂域（群集Bの場所）をはじめとしてアマモ場やガラモ場へ広げている；そして，1977年の6月には，アマモ場よりも湾中央部極細砂域により多く分布していた[9,11]．即ち，群集BとCの性格がよく似ているから，個体群密度の大きい年にマダイ幼魚は湾中央部極細砂域にすみ場所を広げることが出来たと考えられる．このことは湾中央部極細砂域がマダイ幼魚にとって高密度時の予備的なすみ場所となりうることを示している．

2. 海況特性との関係

志々伎湾の海況特性については浜田[26] の報告がある．それによると，志々伎湾の水温は8月に最高値（26.8℃）を示し，1月に最低値（12.1℃）を示す．湾口部と湾奥部の水温は4～9月には前者が後者に比べて低く，10月～翌3月にはその逆になる．塩分は冬から春にかけて高く（34.5‰前後），夏には低く（33.0‰）なる．そして，この傾向は五島西沖の対馬暖流域とよく似ており，外海水の影響を強くうけている，としている（Fig. 11）．

各種の季節的消長には，春型，夏型，秋型の3型が認められた．それぞれの季節型の，出現個体数増大期，幼魚出現期，そして推定産卵期と，海況特性の季節変化を合わせて Fig. 11 に示した．

春型では，幼魚の出現期を含む個体数増大期は，低水温・高塩分期に，産卵期は水温下降・塩分上昇期に対応している．夏型では，幼魚の出現期を含む個体数増大期は，高水温・塩分下降期に，産卵期は水温上昇・高塩分期に対応している．秋型では，幼魚の出現期を含む個体数増大期は，水温下降・塩分上昇期に，産卵期は高水温・低塩分期に対応している．

群集の季節区分という点から考えると，春季群集，夏季群集，秋季群集は，それぞれ春型，夏型，秋型の季節的消長を示す魚種から形成されていた．従って，季節群集と海況特性との対応関係は，上述の季節型のそれが，そのままあてはまる．

水温は，一般に魚類の生態に重要な影響を及ぼすと考えられている．そして多くの海産魚類は冬の低水温期をさけて越冬場へ回遊する[27-29]．志々伎湾の底生魚類のうち，ネンブツダイ，カワハギは，低水温期の1～2月をさけ，それぞれ休眠したり，湾外へ去ったりしているようだが，他の種類では，特に低水温期だけをさけている様子を示さない．これは，志々伎湾の海水温が最低で12.6℃であり，12℃より下らないことによるのではないかと考えられる．マダイを例にとれば，黄海・渤海・瀬戸内海のものは越冬回遊をする[27-29]．黄海や瀬戸内海では冬の低水温期には10℃をはるかに下まわる[30,31]．これに比べて志々伎湾は暖かく，それが，底生魚類の出現状況に低水温の影響があまりみられないことの理由のひとつではないかと思われる．

一方，塩分の方であるが，12月～翌6月まで34.5‰前後の高塩分水が安定した状態で湾内に存在する．この期間は，春型の個体数増大期と一致する．これは，春型を示す魚種が，塩分の影響をうけていることを示唆している．

小川・中原[32] は浮魚類の季節的消長のパターンを，高温・低塩期に出現するものと，低温・高塩期に出現するものとに大きく分けた．そして，高温・低塩水塊に適応した魚種と，低温・高塩水塊に適応した魚種が存在していると述べている．志々伎湾の底生魚類の季節的消長のパターンも浮魚類のそれとよく似ている．浮魚類と底生魚類との，このような季節性についての共通点は，沿岸域の海産魚類の生態と海況特性との関係が密接なものであることを示唆している．

3．アマモ場魚類群集の季節変化の特徴

天草富岡湾[5]，神奈川県下田湾・鍋田湾[6] のアマモ場では，初夏から秋に種数が増大している．それに比べて志々伎湾では，12月～翌2月と5月～9月の2つの増大期を持っていた．Kikuchi[5] は富岡湾のアマモ場で暖期に種数が増えるのは，季節的定住種がふえるためだ，としている．しかし，志々伎湾のアマモ場では季節的定住種はあまり多くなく周年定住種が多い．従って，富岡湾と志々伎湾における，種数の季節変化のパターンの相違は，季節的定住種の多少によるものであろう．

他の群集に比べてアマモ場群集の種数が周年にわたって多いのは，魚類の生息場所としての空間構造の特性によるものと思われる．布施[33] は，生息場所としてのアマモ場は，「平坦な泥場（level bottom）の上にアマモが生育して，泥場とちがった特徴」を持っていることを指摘している．つまり，平面である砂質域と立体物としてのアマモという2つの要素が魚類の生息空間を構成し，アマモ場は砂質域より生息場所として，より複雑になっている．そのために，他の砂質域群集より多くの種が生息しているのであろう．

4．アマモの季節的消長との関係

アマモ場（T-7）で採集された魚類の総個体数は10月～翌3月には他の時期に比べて非常に少なかった。これは，T-7 のアマモの現存量（乾重量，g/m^2）が10月～翌2月に非常に少なくなっている[34]，のとよく一致している．現存量の低下は，アマモが作る物理的な魚類の生息空間の縮少を意味し，それが魚類個体数の

減少の要因になっていると思われる．

アマモ場群集（C）にも，春型，夏型，秋型の季節的消長を示す種類が生息していた．これは砂質域群集と同様に，アマモ場群集は海況特性の季節変化の影響もうけていることを示している．

以上より，アマモ場の魚類の季節変化は，アマモと海況という2つの環境の変化から影響をうけていると考えられる．

5．餌生物の季節変化との関係

志々伎湾の底生魚類の季節的消長は，おそらく，餌生物のそれとも関係しているだろう．スジハゼの季節的消長は，アマモ場では主食の Gammaridea[35] の季節的消長[36] とよく一致し，サビハゼのそれも主食の Mysidacea[35] の季節的消長[36] と一致している．またマダイ幼魚の出現も，主食の Gammaridea の季節変化とよく一致している[9,36]．T-7 のアマモ場の葉上動物（Basket Quadrate によって採集された0.5㎜以上のもの）の季節的消長は 6～7月に最大に達する[34]が，これはアマモ場魚類群集で夏型のものが一番多かったのに一致する．志々伎湾で食性が明らかにされている魚種はわずかであるが，底生魚類の季節的消長は，餌生物とも関係があるように思われる．これは今後の課題である．

6．Niche space の問題

各魚種の季節的消長の型から，群集を季節的に区分したが，これにも問題はある．季節群集と言っても，季節によって魚種組成が全く変わってしまうわけではなく，周年定住種の存在によって，季節的な境界は必ずしも明確とは言い難い．

しかし，ある種の niche space を知ろうとする場合，群集を季節的に区分して季節群集を設定した方がより現実的である．季節型を同じくするもので構成されている季節群集は，生活史的側面からみると，ほとんどが幼魚の出現期を同じくしているものの集まりであった．つまり，生活史の同じような段階を同じ時空間ですごすわけである．もし，そのような段階にある種の間で食物要求のよく似たものがいるとすれば，彼らの間に競合関係が生じるであろう．従って，季節群集の設定は，ある種の niche space を明らかにする上で重要な意味を持っている．

種の niche space を知るためには，前報[1] で得られた結果と本報のとをあわせて，つまり場所的・季節的に区分された群集の構造を明らかにすることが必要となってくる．さらに，群集構造の骨格となる種間関係を具体的に知るために各種の生活史もあわせて詳しく研究してゆくことが，今後の重要な課題となるであろう．

要　約

1975年6月から1976年7月まで，長崎県平戸島志々伎湾において，底びき網，吾智網によって採集した底生魚類の資料をもとに，各魚種の季節的消長の特性と，底質・植生によって前報[1] で区分した各群集（場所群集）の季節区分について以下の結果を得た．

1．各場所群集の種数・個体数の季節変化は3型に分けられた．湾口部細砂域群集は7あるいは8～9月に種数が減少し，個体数は8月に増大した．湾中央部極細砂域群集と湾奥部細砂域群集はよく似ていて，種数・個体数は春から夏に多くなった．湾奥部アマモ場群集は，種数は10～11月の秋と，3～4月の春に減少した，個体数は10月～翌3月に非常に少なくなった．

2．主要種60種について季節的消長を，幼魚の出現期とともに記述した．個体数増大期は，ごく大まかではあるが，ほとんどの種において，幼魚の出現期と一致した．幼魚の出現期から，各種の産卵期を推定した．12月～翌6月に個体数増大期を持つ種を春型，6～8月のを夏型，9～11月のを秋型と，各種の季節的消長を3つの季節型に分けた．

3．各場所群集ごとに各種の季節型をもとにして，春季群集，夏季群集，秋季群集の3つの季節群集を区分した．湾口部細砂域群集は春季群集が卓越していた．湾中央部極細砂域群集と湾奥部細砂域群集は，秋に場所的区分が不明瞭になり，共通の秋季群集を形成した．湾奥部アマモ場群集は，どの季節群集も多くの種をもっているが，なかでも夏季群集が一番多かった．

4．各種を周年定住種，季節的定住種に分けた．季

節的定住種はさらに以下の5型に分けた．1）1歳魚以上と幼魚が来遊し，索餌場・成育場として利用し，産卵期に湾外へ移動する；2）産卵のため来遊し，幼魚が湾内を成育場とする；3）個体群の1部が季節移動して湾外へ出るが，湾内で産卵し，成魚・幼魚とも湾内に生息する；4）幼魚と1歳魚が湾内を成育場として利用する；5）幼魚のみが湾内を成育場として利用する．湾口部から湾奥部へ行くにつれて周年定住種が多かった．特に湾奥部アマモ場はほとんどが周年定住種であった．

5．湾中央部極細砂域群集と湾奥部細砂域群集の性格はよく似ていた．これは高密度時にマダイ幼魚が，前者から後者にすみ場所をひろげることが可能であることを意味している．つまり湾中央部極細砂域は高密度のマダイ幼魚の個体群維持にひとつの役割をはたしていると考えられる．

6．春型の個体数増大期は，低水温・高塩分期に，産卵期は水温下降・塩分上昇期に対応していた．夏型の個体数増大期は，高水温・塩分下降期に，産卵期は水温上昇・高塩分期に対応していた．秋型は，個体数増大期は，水温下降・塩分上昇期に，産卵期は高水温・低塩分期に対応していた．これらのことより，同じ季節型を示す魚種で構成される季節群集は，海況の季節変化と密接な関係があることが示唆された．

7．アマモ場群集の魚種の個体数の季節変化は，アマモの現存量の季節変化の影響をうけていることが推測された．

8．食性のあきらかにされている種については，それらの季節変化は，餌生物の季節変化と何らかの関係を持っていることが示唆された．

9．場所的・季節的に区分された群集を，種の niche space を把握するという観点から考察を加えた．

引　用　文　献

1）中坊徹次　1980：志々伎湾の底生魚類群集—I．主要種の分布と群集の区分．西水研研報，(54)，209〜229．

2）最首光三　1978：ポピュレーションと種苗放流．増殖技術の基礎と理論—その発展の糸口として．水産学シリーズ23（日本水産学会編），20-31，恒星社厚生閣，東京．

3）富永義昭・上野輝彌　1981：日本産魚類リスト．日本産魚名大辞典（日本魚類学会編），437-574，三省堂，東京．

4）T. NAKABO　1983：Revision of the dragonets (Pisces：Callionymidae) found in the waters of Japan. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **27** (4/6), 193-259.

5）T. KIKUCHI　1966：An ecological study on animal communities of the *Zostera marina* belt in Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu. *Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab.*, **1**(1): 1-106.

6）小池啓一・西脇三郎　1977：伊豆半島下田湾および鍋田湾アマモ場の魚類相の季節変化．魚類学雑誌，**24** (3)，182-192．

7）今岡要二郎　1976：日本海西南海域およびその周辺海域産ムシガレイの漁業生物学的研究．北海道大学水産学部博士論文，117 pp.

8）木曾克裕　1980：平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態—I．成長に伴う餌料の変化とその年変動．西水研研報，(54)，291-306．

9）畔田正格・池本麗子・東　幹夫　1980：志々伎湾における底生生活期マダイ当歳魚の分布と成長．西水研研報，(54)，259-278．

10）木曾克裕　1981：平戸島志々伎湾におけるチダイ当歳魚個体群の摂餌生態．西水研研報，(56)，15-26．

11）木曾克裕　1982：平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態—II．食物を中心にみた生息場所の利用について．西水研研報，(57)，31-46．

12）南　卓志・中坊徹次・魚住雄二・清野精次　1977：若狭湾由良川沖の底生魚類相．昭和50年度京都府水産試験場報告，74-100．

13）南　卓志　1981：タマガンゾウビラメの初期生活史．日本水産学会誌，**47** (7)，849-856．

14）林　公義・後藤良幸　1979：横須賀市小田和湾にみられるハゼ科魚類の季節的遷移と食性につい

て. *Sci. Rep. Yokosuka City Mus.*, (26), 35-56.

15) E. Harada 1962 : A contribution to the bio-Culogy of the black rockfish, *Sebastes inermis* vier et Valenciennes. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **10**(2), 307-361.

16) 布施慎一郎 1962 : ガラモ場における動物群集. 生理生態, **11**(1), 23-45.

17) S. Hayase and S. Tanaka 1980 : Growth and reproduction of three species of Embiotocid fishes in the *Zostera marina* belt of Odawa Bay. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **46**(9), 1089-1096.

18) 入江隆彦 1973 : 舞鶴湾の藻場におけるクジメの生態学的研究. 京都大学農学研究科修士論文, 66 pp.

19) 多々良 薫 1953 : 紀伊水道域のマエソ属についてII 分布と洄游. 内水研研報, (4), 33-47.

20) 桑村哲生 1980 : 南紀白浜の沿岸岩礁地帯における魚類の出現季節. 魚類学雑誌, **27**(3), 243-248.

21) 林 公義・新井良一 1980 : 日本産テンジクダイ科魚類相の検討—紀伊半島における特性—. 国立科博専報, (13), 83-95.

22) 大森迪夫・高橋圭一 1980 : 油谷湾におけるテンジクダイの生態. 西水研研報, (54), 111-133.

23) Y. Ishida and S. Tanaka 1980 : Population fluctuation of the small filefish, *Rudarius ercodes*, in the *Zostera* bed in Odawa Bay. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **46**(10), 1199-1202.

24) 可児藤吉 1944 : 溪流棲昆虫の生態.「昆虫」(古川晴男編), 日本生物誌 4, 171-317, 研究社, 東京.

25) 林 公義 1979 : 横須賀市佐島天神島・笠島沿岸の魚類 (IV)—魚類相の検討と生活様式について—. 横須賀市博物館館報, (25), 39-50.

26) 浜田七郎 1980 : 志々伎湾の海況特性. 西水研研報, (54), 141-155.

27) 岡田立三郎 1957 : 分布域と回游及び漁期, 漁場. 資源の生物学的研究. 東海・黄海における底魚資源の研究 (4), 32-50.

28) 梶山英二 1937 : 鯛. 143 pp., 杉山書店, 東京.

29) 岡田啓介 1967 : 東シナ海・黄海産マダイ資源の研究—II. 分布と回遊. 西水研研報, (35), 1-21.

30) 井上尚文 1974 : 西日本海々域の海洋学的特性. 対馬暖流—海洋構造と漁業. 水産学シリーズ5(日本水産学会編), 27-41, 恒星社厚生閣, 東京.

31) 村上彰男 1972 : 生物の分野から見た瀬戸内海の海洋環境. 沿岸海洋研究ノート, **9**(2), 31-36.

32) 小川嘉彦・中原民男 1979 : 浮魚類における卓越種の交替—II 浮魚類分布域の海況特性とその変動. 水産海洋研究会報, (35), 1-13.

33) 布施慎一郎 1962 : アマモ場における動物群集. 生理生態, **11**(1), 1-22.

34) 東 幹夫 1981 : 稚魚成育場としてのアマモ場の役割. 藻場・海中林. 水産学シリーズ38 (日本水産学会編), 34-56, 恒星社厚生閣, 東京.

35) 松宮義晴・村上 司・鈴木庸行・岡 正雄 1980 : 志々伎湾におけるサビハゼとスジハゼの分布および食性. 西水研研報, (54), 321-331.

36) 東 幹夫 1980 : 志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構—ベントス. 資源培養方式開発のための若令期タイ類補給機構に関する研究 (研究成果シリーズ**129**), 111-116, 農林水産技術会議事務局.

西水研研報　第59号　昭和58年3月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 59. Mar. 1983

志々伎湾における若魚期マダイの生息場所の評価

首藤宏幸・池本麗子・畔田正格

Studies on Habitat Quality Evaluation of Red Seabream Youngs in Shijiki Bay

Hiroyuki SUDO, Reiko IKEMOTO and Masanori AZETA

The red seabream, *Pagrus major*, comprises the major fishery resources for coastal fisheries in the western seas of Kyushu. Though youngs of this species are distributed throughout almost all the shallow inshore waters in the western seas of Kyushu, their density is not uniform. This phenomenon indicates that the value of habitat is not equal for them. And it is important to evaluate the quality of their habitat in order to promote the marine ranching project of red seabream by stocking the sea with reared youngs.

Shijiki Bay (Hirado Island, Nagasaki Pref.), one of the nursery grounds of red seabream, contains within itself a multiplicity of minor habitat for them. To assess the quality of minor habitat of red seabream youngs in Shijiki Bay, their density, growth, body components and stomach contents among each minor habitat were compared from 1975 to 1981. The formation process of the best suited habitat for youngs is also discussed.

The results obtained are as follows:

1) The density of red seabream youngs was highest on the sandy bottom of the inner part of the bay every year, although their number fluctuated year by year. On the other hand, on the sandy bottom of the mouth part of the bay their density was always lowest. In 1977 or 1981 when their density was 8 or 5 times higher than other years in the whole bay, the youngs expanded their habitat from the sandy bottom of the inner part to the sandy bottom of the central part, *Zostera* zone and *Sargussum* zone. This fact points out that the sandy bottom of the inner part of Shijiki Bay is the distributional center of the youngs and has more carrying capacity than other minor habitats.

2) Comparing the average fork length of the youngs in each habitat, no difference was found in May. But the youngs in the inner part grew larger than those in the central and the mouth part in June and July. The fat content of the

昭和58年1月5日受理
西海区水産研究所業績第405号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 405)

inner part specimens ranged from 7.4 to 12.4% (av. 10.4%). The value was 3.3–7.0% (av. 5.0%) for the central part specimens; and 2.7–4.2% (av. 3.2%) for the mouth part specimens. Differences in the growth and the fat content indicate that the nutritional condition of youngs in the inner part exceeds those of other parts.

3) Examining the stomach contents, it was seen that gammaridean amphipods and mysids, good food for the red seabream youngs, made up about 80% of the food eaten by them in the inner part in July. This percentage was about 60 for them in the central part; and about 30 for them in the mouth part. The average feeding rate of them in the inner part was higher than those in other parts of the bay. Thus the youngs in the inner part are favored with food organisms both in quality and in quantity.

4) The POC content, the PTN content and the bacterial number in the bottom water were higher than those of other parts not only in *Zostera* zone but also in the inner part of the bay (sandy bottom), the distributional center of the youngs. This abundant particulate organic matter in the bottom water of the inner part seems to support the biomass of the food organisms (e. g. Gammaridea) for the youngs, and so the habitat in which the youngs are best suited to live is formed on the sandy bottom of the inner part of Shijiki Bay.

緒　　言

マダイ当歳魚は生息場所や餌料の面で幅広い生活様式を持ち，九州西岸域に広く生息している．しかし，その分布密度には大きな差があり，マダイにとっての生息場所の価値には較差があると考えられる．

志々伎湾においても，流況，底質，植生の異なるマダイ当歳魚の多様な生息場所が形成されている[1]．いっぽう，マダイ当歳魚は発育に伴って餌生物や生息場所を変化させるが，その発育段階は浮遊生活期，着程過程期，底生生活期，逸散期に大別できる．マダイの資源培養が種苗放流を柱としている以上，放流種苗の発育段階と生息場所の正しい評価は不可欠であり，そのためには，まず，生息場所の価値評価の基準とその環境特性を明確にし，その上で，生息場所の価値を決定する根本的な要因を解明してゆく必要がある．

本報では，環境への自律的な選択性が明確になる底生生活期，それも特に若魚期に焦点を絞って，各生息場所ごとに，その分布密度・成長・栄養状態・摂餌状態を比較し，マダイにとっての生息場所の等級分けを試みた．さらに，各生息場所の環境特性を比較し，生息場所の 価値を 決定する 要因についても 検討を加えた．

本研究を進める上で多大の御理解と御支援を賜わった西海区水産研究所本城康至浅海開発部長，ならびに数々の貴重な御助言をいただいた田中　克京都大学助教授に謹んで感謝の意を表したい．また，野外調査にあたっては山中完一船長はじめ陽光丸乗組員の方々および志々伎漁業協同組合の皆様に協力していただき，鬼頭　鈞浅海開発部第3研究室長ならびに木元克則技官（同部第1研究室）には潜水調査に際して御援助いただいた．ここに厚く御礼申し上げる．最後に，海水分析の立案およびサンプル処理に関して御指導いただいた田中勝久技官（海洋部漁場保全研究室）に心から謝意を表する．

材　料　と　方　法

志々伎湾におけるマダイ当歳魚の採集は，1981年6月9日，7月1日，7月22日に底びき網および吾智網を用い，Fig. 1で示したT-1～T-5（底びき網），G



Fig. 1. 志々伎湾におけるマダイ採集定点（T：底びき網，G：吾智網）および採水定点（D）
Sampling stations of red seabream (T: by beam trawl, G: by Gochi trawl) and water sampling stations (D) in Shijiki Bay.

-1～G-11（吾智網）の各定点で行なった．採集したマダイは船上で直ちに10%ホルマリンで固定した上で研究室に持ち帰り，尾叉長，体重を測定した．また，各定点で採集されたマダイのうち20個体ずつは摂餌状態を判断するために，胃内容物重量および組成を調べた．

体成分分析用マダイは採集後直ちに尾叉長，体重を測定し冷蔵して研究室へ持ち帰り，60℃で2週間乾燥した．乾燥重量を測定後，乳鉢で粉砕し，炭素および窒素含有量をCNコーダー（柳本MT-500型）で，脂肪含有量をソックスレー抽出法により分析した．

採水はFig. 1で示したD-1からD-5の各定点で0m，5m，10m，それ以深は10mごとの採水層で10 l ニスキン採水器を用いて行ない，海底直上水については3l バンドン採水器2本を用い，直接潜水して採水した．

クロロフィルaおよびフェオフィチン量は直径24mmのWhatman GF/C フィルターを用いて海水を濾過した後アセトン抽出し，螢光測定法により定量した．粒状有機炭素・粒状全窒素量の測定は，500℃で2時間熱処理した直径47mmのWhatman GF/C フィルターを用いて，315μmのナイロンネットで大型動物プランクトンを除いた海水を濾過し，塩酸処理をした後CHNコーダー（柳本MT-2型）で分析した．細菌数は試水を5μmより大きい粒子区分（Particle fraction）と全水区分（Whole fraction）とに分けて計数した（ここでは粒子区分の細菌は粒子付着細菌と見なすことにする）．粒子区分の細菌数は試水をあらかじめオートクレーブしておいた5μmナイロンネットで濾過した後，その濾液区分の細菌を計数し，全水区分の細菌数から差し引いて粒子区分の細菌数とした．細菌の計数には，上記2区分の試水をグルタルアルデヒドで固定後（最終濃度0.5%）冷蔵保存し，1週間以内にDAPI染色による落射螢光顕微鏡（NIKON VFD-R型）観察法により[2]直接計数を行なった．

結　　果

志々伎湾は，流況から，外海水の直接的影響を受ける湾口部，外海水との直接的な交換が行なわれにくく湾内では比較的閉鎖的と考えられる湾奥部，両者の混合水域と考えられる湾中央部，の3水域に分けられる[3]．この水域区分は水温や栄養塩濃度などの無機的環境要素，底生生物相や魚類相などの有機的環境要素の不連続性ともよく対応している[4,5,6]．そこで，志々伎湾の若魚期マダイの生息場所をこの3水域区分をもとに底質および植生を考慮に入れて検討した．

1. 分布と成長

生息場所の評価基準の重要な要素の一つにマダイの分布密度が挙げられる．Fig. 2に1975年から1977年の畔田ら[7]の3年間の結果に1981年の底びき網および吾

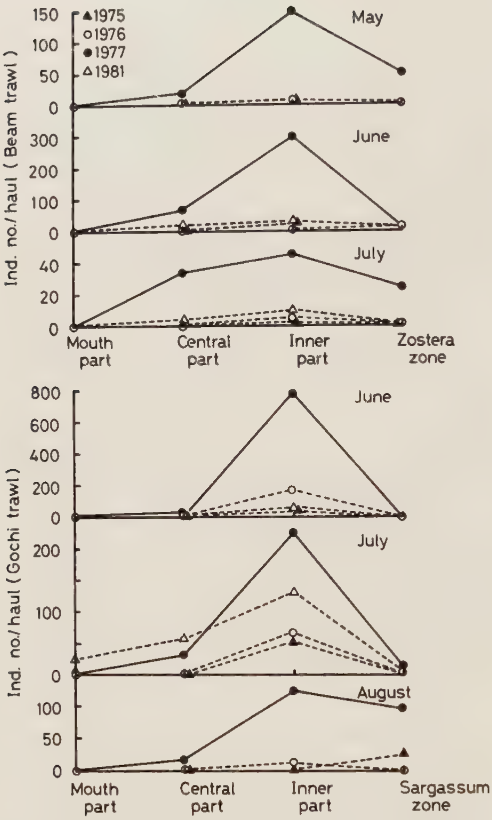


Fig. 2. マダイ当歳魚の分布状態（畔田ら1980[7]に1981年の結果を加える）
Distributional pattern of 0-group red seabream.

智網による マダイ当歳魚の 採集結果を 加えて， 月別に，それぞれ湾口部，湾中央部極細砂域，湾奥部細砂域， 湾奥部アマモ場， 湾中央部 ガラモ場 ごとに示した．湾内への来遊量は年によって最高８倍程度の開きがあるが[1]， その分布密度は湾奥細砂域で毎年常に高く，志々伎湾におけるマダイ当歳魚の分布の中心域であることを示している．湾中央部（極細砂域およびガラモ場）や湾奥部アマモ場では来遊量が少なかった1975年，1976年には分布密度は低いが，来遊量の多かった1977年，1981年には増加する傾向が見られた．いっぽう，湾口部では分布中心域の密度変化に関係なくその密度は低いままであった．

次に，各水域ごとに成長の良否を平均尾叉長の比較により検討した（Fig. 3）．５月（1976年５月10日および５月19日，1977年５月７日，５月21日および５月24日）の平均尾叉長は，この時期の発育段階に対応した漁獲能率の高い[8] 底びき網で採集したマダイから計算し，６月以降は吾智網で採集したマダイから計算してプロットした．３水域間（湾奥部，湾中央部，湾口部）の平均尾叉長には６月まではほとんど差が見られないが，６月から７月にかけての湾奥細砂域への集中期[7]には1976年，1977年，1981年とも湾奥部と湾中央・湾口部との差が開きはじめ湾奥部マダイの平均尾叉長が大きくなる．しかし，７月以降は その差が 縮まる．1981年は特に顕著であるが，６月から７月（平均尾叉長30㎜〜60㎜）の集中期には湾奥部マダイの見かけ上の成長が他の水域に比ぐて良い傾向が見られた．これは，一つには，小嶋[9] が述べているように，尾叉長の大きな個体から湾奥細砂域に集中するという来遊初期からの差に由来する可能性も考えられる．しかし，湾奥部マダイは後に述べるように，その摂餌率が他水域に比べて高いこと（摂餌率は尾叉長30㎜程度で最高となり，その後は大きくなるにつれて減少する*），集中期マダイの餌として選択性の高い Gammaridea[7] の摂餌割合が高いこと，他水域に比べて脂肪蓄積量が多く栄養状態が良好であることなどを考え合わせると，湾奥部で６〜７月には他の水域に比べてマダイの成長が良い可能性も充分考えられる．いずれにしても，たとえ来遊初期の尾叉長の差があったにせよ，その差が湾奥部の好適な餌料環境に支えられて維持されていると考えるのは可能であろう．いっぽう，７月から８月にかけて湾奥部個体と湾中央・湾口部マダイの尾叉長の差が縮まるのは，この時期が生活領域拡大期および逸散期に当たることから，湾奥部の個体が湾中央・湾口部にまで分布域を広げることにより平均化されたためであろう．

この成長の問題については，日齢に関する知見の集積を待ってさらに検討したい．

2. 栄養状態

畔田ら[7] は1976年６月から７月の湾奥部への集中期におけるマダイの尾叉長一体重関係を共分散分析によ

---

* 首藤未発表

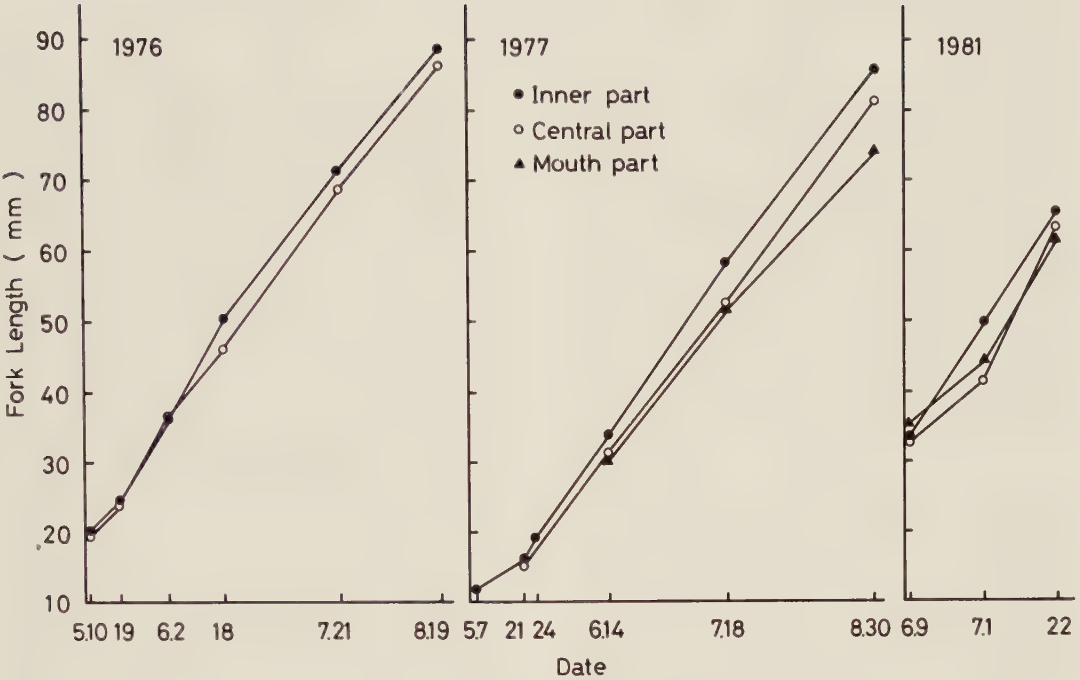


Fig. 3. マダイ当歳魚の成長
Growth of 0-group red seabream.

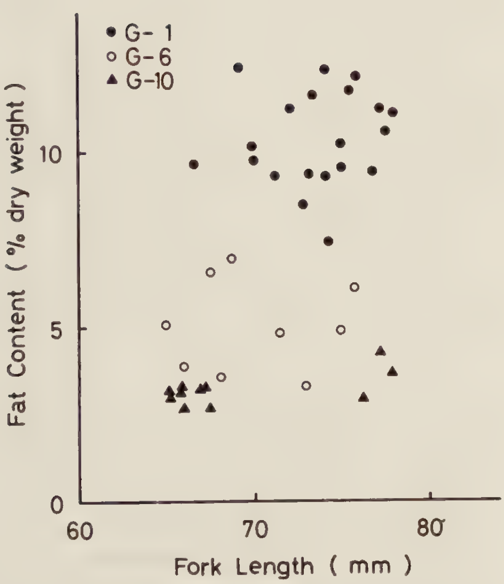


Fig. 4. マダイ当歳魚の脂肪含有量（1981年７月）
Fat content of 0-group red seabream caught in the inner part (G-1), the central part (G-6) and the mouth part (G-10) of the bay in July, 1981.

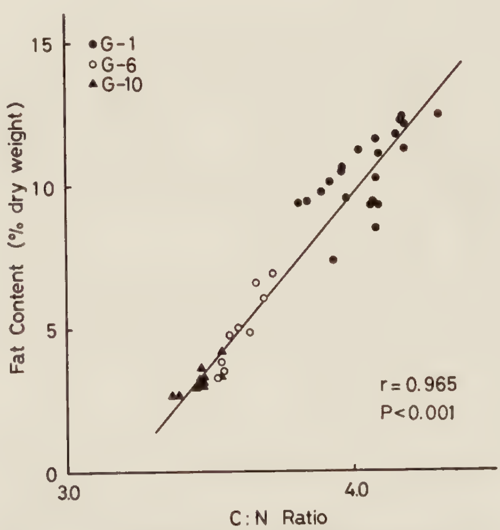


Fig. 5. マダイ当歳魚の C/N 比と脂肪含有量の関係（1981年７月）
Relationship between C:N ratio and fat content of 0-group red seabream in July, 1981 (for further explanations, see Fig. 4).

り解析し，湾奥部マダイは湾中央・湾口部のマダイに比べてふとっていたと述べている．しかし，1981年のマダイについて尾叉長―体重関係を検討したところ，3水域間に有意な差は認められなかった．そこで，栄養状態をより敏感に反映すると思われる脂肪(粗脂肪)含有量を3水域間で比較してみた．Fig. 4から，マダイの乾燥重量に対する脂肪含有量は60mm〜80mmの範囲では尾叉長に関係がなく，湾奥部（G-1）において最も高く（平均10.41%，範囲7.36〜12.44%），次いで湾中央部（G-6）で高く（平均5.01%，範囲3.29〜6.97%），湾口部（G-10）では最低となっている（平均3.21%，範囲2.66〜4.24%）．すなわち，湾奥部マダイの脂肪含有量は平均的に見て湾中央・湾口部マダイの2〜3倍に達しており，湾奥部マダイの栄養状態が他の2水域に比べて特に優れていると考えられる．

炭素と窒素含有量の比（C/N）は脂肪含有量の変化をよく表わすと言われるが，もしそうならば，C/N測定は脂肪測定に比較して短時間で試料を処理でき，また，試料が少量ですみ小さな個体でも測定可能なことから非常に都合が良い．そこで，C/Nと脂肪含有量の関係をFig. 5に示した．この図からも明らかなように，脂肪含有量とC/Nの間には非常に高い正の相関が得られた（$r=0.965$，$P<0.001$）．

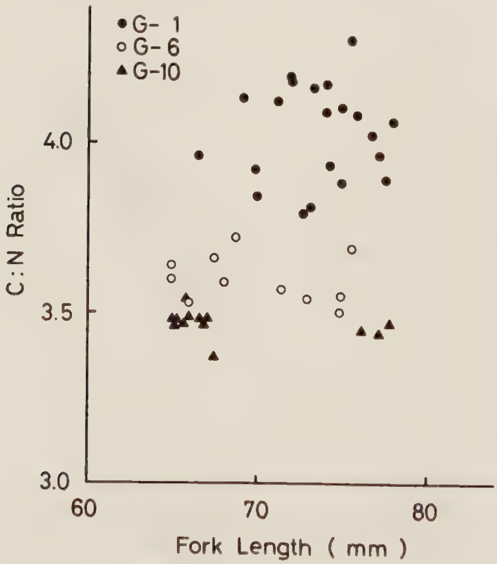


Fig. 6. マダイ当歳魚のC/N比（1981年7月）
C:N ratio of 0-group red seabream in July, 1981 (for further explanations, see Fig. 4).

Fig. 6に各定点におけるマダイの尾叉長とC/Nの関係を示したが，当然のことながら脂肪の場合と同様なパターンを示している．畔田ら[10]は飼育実験によりマアジの摂餌量とC/Nが比例的に変化することを述べているが，湾奥部における優れた餌料環境がマダイの摂餌状態に反映され，高いC/Nをもたらしているのであろう．安楽ら[11]の絶食によるマダイC/N低下の実験から判断すると，志々伎湾湾奥部のマダイのC/Nがたとえ絶食状態におかれたとしても，湾中央・湾口部マダイのレベルまで低下するのには10日間程度必要であると考えられる．3水域間でのC/Nの明瞭な分離はこの時期（6月から7月にかけて）には，3水域間でのマダイの活発な移動による混合が起こっている可能性が少ないことを示唆しているように思われる．

3. 摂餌状態

3水域間での脂肪蓄積の程度から湾奥部マダイの摂餌状態が最も優れていることを推察したが，これを裏づけるために，体成分（脂肪含有量ほか）の分析を行なった個体と同時に採集されたマダイについてその胃内容物を調べた．Fig. 7にG-1からG-11までの各定点におけるマダイ（各定点20個体ずつ）胃内容物の個体数組成を，湾奥部，湾中央部，湾口部の3水域別に示した．摂取されていた餌料生物は13項目に及ぶが，主要な餌生物は，Gammaridea（ヨコエビ亜目），Mysidacea（アミ目），Caprellidea（ワレカラ亜目），Copepoda（橈脚亜綱），Polychaeta（多毛綱）であった．湾奥部のマダイはGammarideaを最も多く（43.6%）次いでMysidaceaを多く摂取しており（38.9%），この2つで全体の約80%を占めている．湾中央部のマダイはMysidaceaを最も多く（36.0%）次いでGammarideaを多く摂取しており（26.3%），両者を合わせると全体の約60%を占めることになる．湾口部のマダイはCaprellideaを最も多く摂取しており（54.5%），Gammaridea（12.1%），Mysidacea（21.4%）の摂取割合は湾奥・湾中央部に比べて少ない。木曾[12]はマダイの餌料が基本的には成長に伴いCopepoda→Gammaridea→Mysidaceaと変化することを述べている．そして，畔田ら[7]はマダイ当歳魚のGammarideaに対する強い選択的摂取傾向に言及し，特

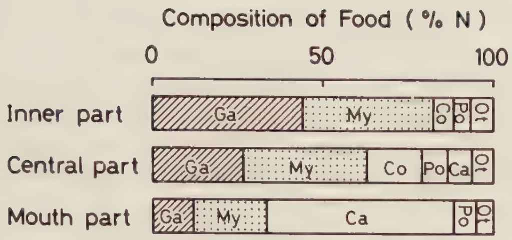


Fig. 7. 湾奥部 (G-1,2), 湾中央部(G-3,4,6,7) および湾口部 (G-9,11) で採集されたマダイ当歳魚 (1981年7月) の胃内容物組成 (個体数%)
Stomach contents (numerical percentage) of 0-group red seabream caught in the inner part (G-1,2), the central part (G-3,4,6,7) and the mouth part (G-9,11) of the bay in July, 1981. Ga: Gammaridea, My: Mysidacea, Co: Copepoda, Po: Polychaeta, Ca: Caprellidea, Ot: Others.

に集中期マダイの餌料として Gammaridea の価値が高いことを示唆した．このように，Gammaridea あるいは Mysidacea の摂取割合が湾奥部に移るにつれて増加することは，湾奥部マダイが最も好みの餌料を多く食べられる環境にあることを意味している．

次に，水域ごとの摂餌量の比較を行なった(Fig.8)．平均摂餌率* は G-1 で1.32と最大，G-11 で0.85と最小となり，湾奥部から湾中央部，湾口部に移るにつれて減少する傾向が見られた．ただし，マダイの摂餌

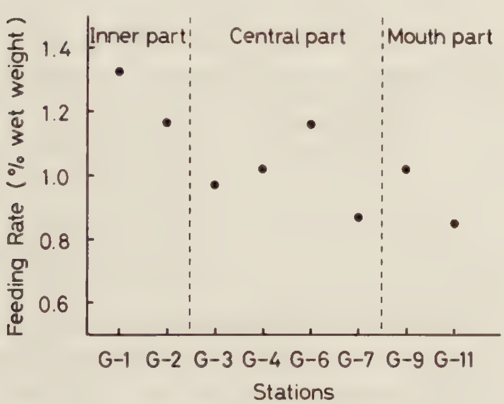


Fig. 8. マダイ当歳魚の平均摂餌率 (1981年7月)
Average feeding rate of 0-group red seabream in July, 1981.

* 摂餌率 $=\frac{\text{胃内容物重量}}{\text{体重}-\text{胃内容物重量}}\times 100$

率には日周期的な変化が存在するので，採集時刻を無視して単純な比較はできない．畔田ら[8] はマダイの摂餌率がまず午前7時頃にピークを示した後，午後からゆるやかに増加しはじめ午後6時頃に最高に達することを述べている．マダイの吾智網採集が午前8時頃にG-11から始められ，午後2時にG-1で終了したことを考えると，湾奥部のマダイほど餌を多く摂取し，湾口部ほど少なくなると結論しても良いように思われる．

以上の結果から，湾奥部のマダイは質・量の両面で最も良い摂餌状態にあったものと判断される．このことは東ら[6] が報告している餌料生物としてのベントスの分布状態とも一致しており，摂餌状態の差異が栄養状態にも反映されているものと考えられる．

4. 環境特性

若魚期マダイの生息場所の優劣を左右する大きな要因の1つに餌料の問題が挙げられる．東[13] は志々伎湾におけるベントス密度が他の海域に比べても高く，特に底生生活期マダイの主要な餌料である Gammaridea をはじめとする小型甲殻類ベントスが が湾奥部で多いことを述べている．そこで，湾奥部におけるそれらベントス現存量の豊富さを可能にする原因についての検討を試みた．

小型甲殻類ベントスの重要な餌料として，植物プランクトン，細菌を含む微生物，その他の粒状有機物などが考えられる．Fig. 9 に D-1 (湾奥部アマモ場)，D-2 (湾奥部砂底域)，D-3 (湾中央部砂底域)，D-4 (湾中央部砂底域)，D-5 (湾口部砂底域) の各定点におけるクロロフィル *a*，フェオフィチン，および全色素 (ここではクロロフィル *a* 量とフェオフィチン量の合計)に対するクロロフィル *a* の比率，Fig. 10 に細菌数 (全水区分と粒子区分)，Fig. 11 に粒状有機炭素 (POC) および粒状全窒素 (PTN) について，それぞれの鉛直分布を示した．

クロロフィル *a* の分布は D-4 を除いて (海底直上水中で 0.94 μg/*l*) 海底直上水中で最も高くなるという各定点共通の傾向を示し，海底直上水中で各定点とも 2 μg/*l* 前後と似た値を示している．フェオフィチンの分布は各定点とも海底直上水中で最も高くなっ

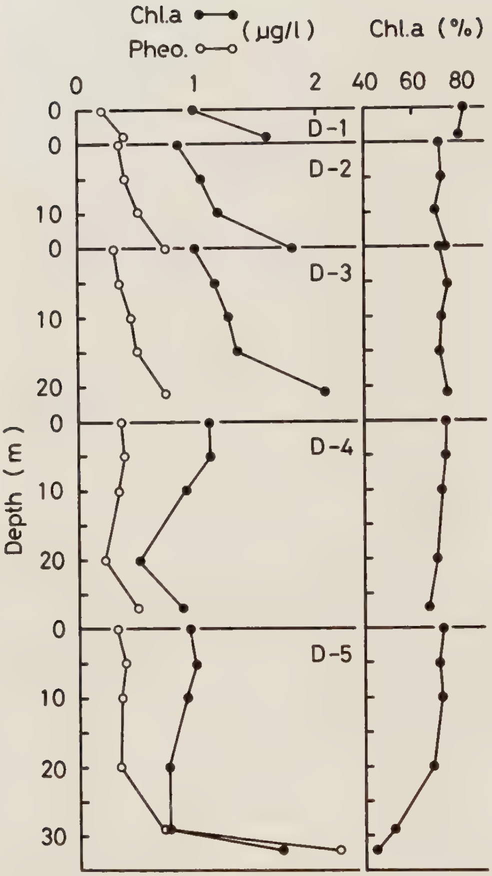


Fig. 9. クロロフィル *a*，フェオフィチンおよび全色素に対するクロロフィル *a* の比率（%）の鉛直分布（1981年7月，D-1：湾奥部アマモ場，D-2：湾奥部砂底域，D-3.4：湾中央部砂底域，D-5：湾口部砂底域）
Vertical distribution of chlorophyll-*a*, pheophytin and chlorophyll-*a* / chlorophyll-*a* + pheophytin (%) in July, 1981 (D-1 : *Zostera* zone of the inner part of the bay, D-2 : sandy bottom of the inner part of the bay, D-3,4 : sandy bottom of the central part of the bay, D 5 : sandy bottom of the mouth part of the bay).

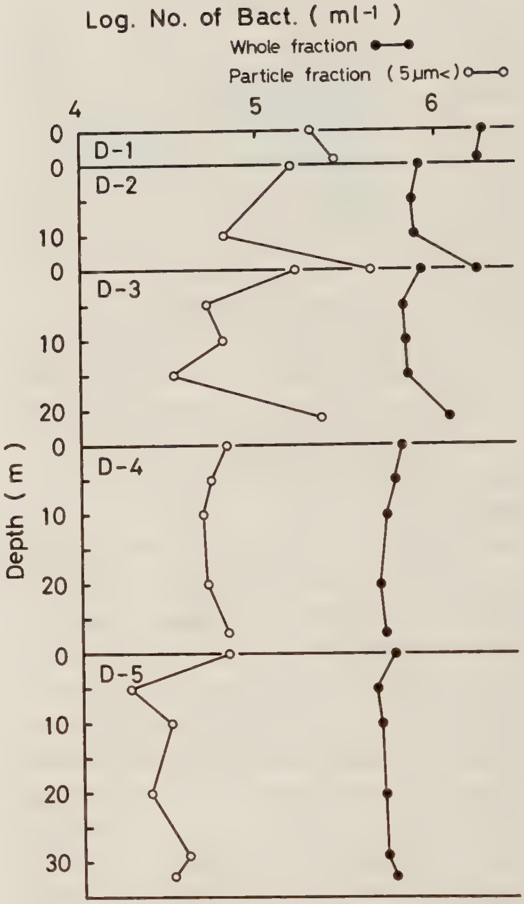


Fig. 10. 全水区分および粒子区分（5 μm<）の細菌数の鉛直分布（1981年7月）
Vertical distribution of bacterial number by direct count in whole fraction and particle fraction (5 μm<) of water in July, 1981 (for further explanations, see Fig. 9).

ており，D-1〜D-4 で 0.5 μg/*l* 前後と似た値を示し，D-5で 2.19 μg/*l* と特に高い値を示した．

全水区分（Whole fraction）の細菌数は D-1 で最も多く，次いで D-2 の海底直上水中でアマモ場とほぼ等しい値を示すが（1.7×10^6 celles/m*l*），湾中央部から湾口部に向かうにつれて減少し表層から底層まで大きな差はなくなる．粒子区分（Particle fraction）の細菌は 5 μm 以上の粒子に付着しているものと考えられるが，その細菌数は D-2 の海底直上水中で最も多く（4.4×10^5 celles/m*l*），粒子が多く存在し付着細菌による活発な分解が行なわれていることを示唆している．

いっぽう，POC の分布はクロロフィル *a* およびフェオフィチンの分布とは異なり，D-1 および D-2 では海底直上水中では顕著に高くなる傾向があるが，他

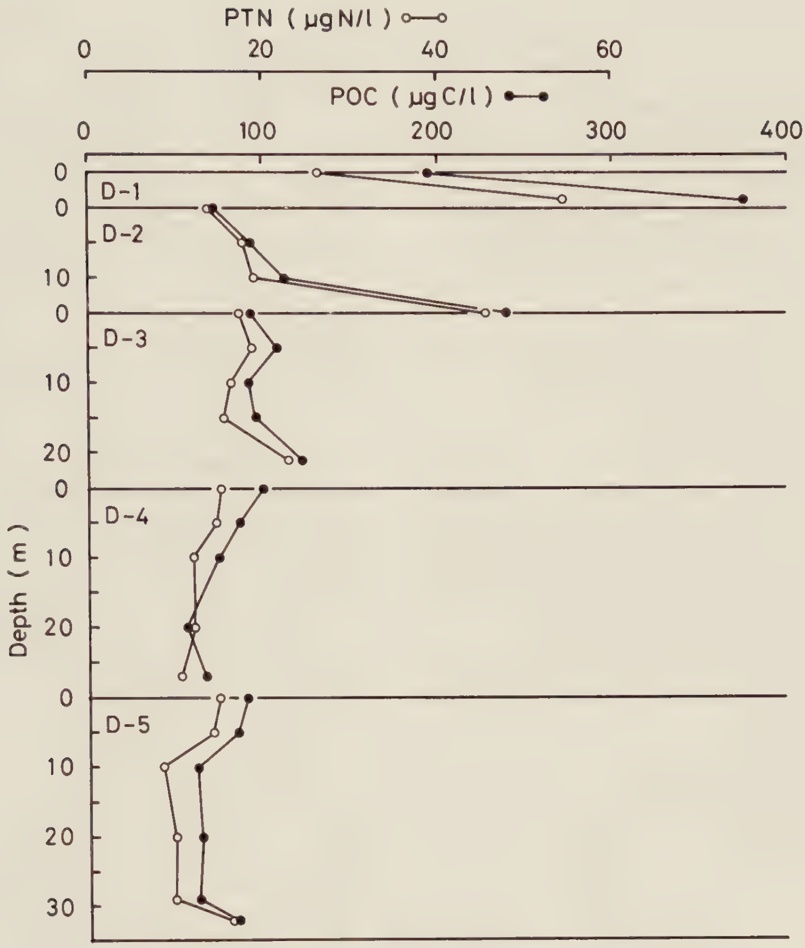


Fig. 11. POC（粒状有機炭素）およびPTN（粒状全窒素）の鉛直分布（1981年7月）
Vertical distribution of POC and PTN in July, 1981 (**for further explanations, see Fig.** 9).

の定点では表層から底層まで大きな変化は見られない．海底直上水中では，POC が D-1 のアマモ場内で 375.43 μgC/l と高い値を示すのは枯死脱落したアマモ破片の堆積から考えて当然と思われるが，D-2 すなわち湾奥部細砂域のマダイ若魚が最も多く分布する定点においても 234.34 μgC/l と湾中央部，湾口部の定点に比べて非常に高い値を示した．また，PTN も POC と同様の分布傾向を示した．

ベントスの生産に最も深くかかわっていると考えられる海底直上水（潜水して直接採水）に注目すると，クロロフィル *a* は各定点とも同様な値を示したにもかかわらず，POC，PTN，細菌数がアマモ場内（D-1）ばかりでなく，マダイ若魚の好生息場所である D-2 においても湾中央部，湾口部に比べて高い値を示している．このことは，湾奥部における植物プランクトン以外の有機懸濁物質の豊富さを示唆しており，この豊富な有機懸濁物質（植物プランクトンも含めて）が湾奥細砂域での Gammaridea を中心とした小型甲殻類ベントスの餌料としてそれらの高い現存量を支え，マダイにとって好適な生息場所を成立させているものと考えられる．

考　　察

1. 栄養状態の指標に関する論議

LOVE[14] は魚類の体成分は摂餌状態によって変化するが，中でも脂肪蓄積量の変動が最も大きく，しかも初期に起こることを指摘し，山崎[15] はコイの絶食実験から，脂肪含有量の低下が絶食初期に著しいことを述べている．また，NIKOLSKY[16] は魚類の越冬と脂肪含有量の間には密接な関係があり，冬の間の死亡率の増大が脂肪含有量が少なかったことに起因すると述べ，脂肪のエネルギー源としての重要性を指摘している．

志々伎湾における若魚期マダイの脂肪含有量が湾奥部のもので最も高いことから，湾奥部マダイの栄養状態が最も優れていることを指摘し，これは摂餌状態の良さの反映であることを推察した．いっぽう，栄養状態の指標として多用される肥満度（湿重量から算出された）には3水域間で顕著な差が見られなかった．このことは，脂肪含有量の変化が肥満度の変化に先立って起こることを示している．Fig. 12 に肥満度と脂肪含有量の関係を示した．この図からもわかるように，両者の間には有意な相関が見られなかった．すなわち，牧[17] も言及しているように，肥満度はそのまま脂肪含有量の指標と見なすことはできない．山崎[15] のコイの絶食実験結果によると，肥満度は最初の1か月間はほとんど顕著な変化は示さず，最終的（125日後）にも初日の79.5%に低下したにすぎないが，脂肪含有量は急速に低下し，最終的には初日の11.1%に減少している．このことは，肥満度を脂肪含有量の指標とすることの危険性を示すとともに，栄養状態の指標として脂肪含有量が優れていることを意味している．

炭素と窒素含有量の比（C/N）が脂肪含有量と非常に高い正の相関（$r=0.965$, $P<0.001$）を示すことは前述した．この結果は，マアジの摂餌量と C/N が比例的関係にあること[10] およびマダイの C/N が絶食により低下するという報告[11] と考え合わせると,C/N が脂肪含有量の非常に優れた指標であることを示している．

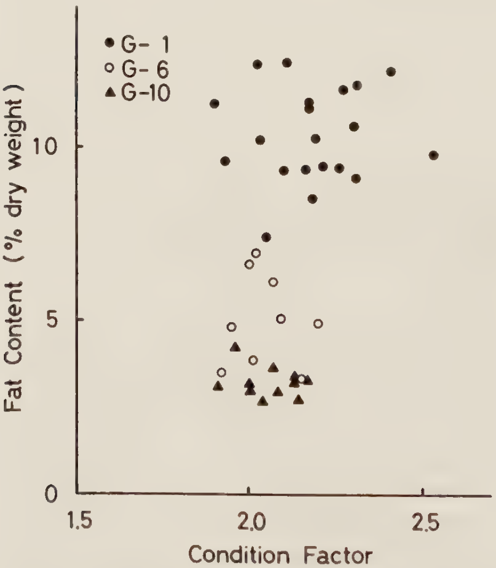


Fig. 12. マダイ当歳魚の肥満度と脂肪含有量の関係（1981年7月）
Relationship between condition factor and fat content of 0-group red seabream in July, 1981 (for further explanations, see Fig. 4).

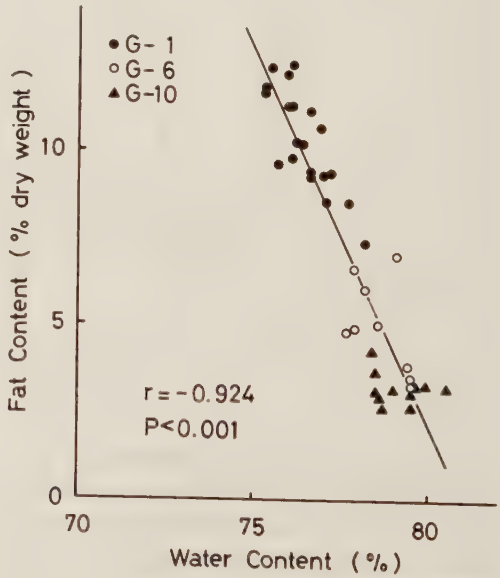


Fig. 13. マダイ当歳魚の水分含有量と脂肪含有量の関係（1981年7月）
Relationship between water content and fat content of 0-group red seabream in July, 1981 (for further explanations, see Fig. 4).

魚類の脂肪含有量と水分含有量は逆相関関係にあり両者の和が80％程度であることは良く知られていることであるが[14,15,17]，このことは水分含有量が脂肪含有量の指標となり得ることを示唆している．そこで，水分含有量と脂肪含有量の関係を図示した（Fig. 13)．両者の間には高い逆相関関係が見られ（$r=-0.924$, $P<0.001$)，水分含有量が脂肪含有量の指標として有効であることを示している．この水分含有量と脂肪含有量の関係は，乾燥重量／湿重量と脂肪含有量の関係と等しい．しかし，これらの過程には湿重量測定という精度を下げる要素がはいってくるので，脂肪含有量の指標としては C/N が好ましい．

2．有機懸濁物質の由来に関する論議

志々伎湾の無機的環境要素の変動様式は外海の影響を強く受け[4]，栄養塩類および動植物プランクトン量は典型的な内湾に比べて1けた低い値を示す[18,19]．志々伎湾は，いわば，沿岸域の凹み的性格を持った湾と位置づけることができる[20]．いっぽう，東[13]はベントスに関して，その現存量が他の内湾に優るとも劣らない豊富さを示し，特に湾奥部における高い甲殻類比率に言及している．この，一見相反する事実は湾奥部のベントスをめぐる detritus food chain の役割の大きいことを推察させる．

先に，アマモ場内ばかりでなくアマモ場外縁の細砂域の海底直上水においても，POC，PTN，細菌数（特に付着細菌）が多く，有機懸濁物質が豊富であることを述べた．そこで，この有機懸濁物質の由来について検討を加えた．

Table 1 に各定点における POC とクロロフィル *a* の比を示した．アマモ場内（D-1）では表層水および海底直上水中の値は，それぞれ，197.7，236.6と他に比べて著しく高い．いっぽう，他の定点における表・中層水の値はだいたい70から90の範囲で大差ない．ベントスの生活に最も深くかかわってくると思われる海底直上水に注目すると，湾奥細砂域（D-2）で132.4と高い値を示したが，湾中央部および湾口部では50から60と，湾奥細砂域の半分以下の値を示した．西條[21]は活発に増殖している植物プランクトンの炭素／クロロフィル *a* の値は，一般的には35～50くらいの値が広く用いられていると述べている．従って，この比の値が高くなることは，生きた植物プランクトン以外に由来

Table 1. POC/クロロフィル *a* 比の鉛直分布（1981年7月）
Vertical distribution of POC : chlorophyll-*a* ratio in July, 1981 (for further explanations, see Fig. 9).

Station	Depth (m)	POC/chl. *a*
D-1	0	197.7
	4.9 (Bottom water)	236.6
D-2	0	84.4
	5	84.6
	10	94.8
	15 (Bottom water)	132.4
D-3	0	94.1
	5	91.0
	10	76.2
	15	74.3
	21 (Bottom water)	57.7
D-4	0	92.2
	5	78.3
	10	81.8
	20	108.8
	27 (Bottom water)	65.2
D-5	0	92.7
	5	91.1
	10	70.7
	20	88.2
	29	84.8
	32 (Bottom water)	50.4

する炭素の割合が高くなることを意味している．西條が述べた値と湾内での値の比較から，アマモ場内では粒状有機炭素中に占める生きた植物プランクトン以外の，デトライタスの割合が高くなっていることが推察される．また，湾奥部細砂域の海底直上水についても，このデトライタスが少なからず含まれている可能性が考えられる．

いっぽう，そのデトライタスの起源については，アマモ場内ではアマモ由来の炭素が多いことがまず考えられるが，湾奥部細砂域の海底表面にも非常に多くの

アマモの破片が見いだされることから（0.5〜1㎜のサイズのもので約10万個/㎡，1982年3月*），アマモ由来のデトライタスが detritus food chain を通じて湾奥部細砂域におけるベントスの高い現存量に貢献していることは充分考えられることである．今後，安定同位体比を用いた研究[22)−26)]などにより，detritus food chain の鎖環の機構の解明が望まれる．いずれにしても，陸水の流入が少なく外海的で貧栄養な志々伎湾においては，植物プランクトン・アマモ・ガラモに由来するデトライタスなどの有機懸濁物質が充分な酸素の供給と細菌などの微生物の活発な分解と相まって，餌料として，湾奥部での Gammaridea をはじめとするベントスの高い現存量の一因になっていることは確実なことであろう．

3. マダイ若魚の生息場所の等級分けに関する論議

森下[27)]はヒメアメンボの春の個体数の増減を調査し，まず好適な場所にヒメアメンボが集合し，ここが飽和状態に達すると他のやや劣った条件の場所にも集まり，一等地二等地といった順序に集団が形成されることが一つの池のそれぞれの区画の間でも，異なった池の間でも見られることを報告している．また，同時に，標識個体の動きから，一つの池の中でも，それらは，それぞれの相互に独立した空間としての価値を持った直径2ｍの拡がりの中で集団的に生活しており，集団を構成している各個体はその集団に留まろうとする傾向をかなり強く持っていることを明らかにしている．

これらの結果は，生物にとっての生息場所の価値を分布密度の変動から等級分けすることがある程度可能であることのひとつの根拠を示していると同時に，生息場所の価値はもともと場所条件による違いが大きいが，生物の密度の高まりによって生息場所の価値そのものが低下し得ることを意味している．また，反面，混雑しすぎない範囲であれば，集団で生活することにより生息場所の安定性が高められることを示唆している．

志々伎湾のマダイ若魚の分布密度は，湾奥部細砂域では来遊量の多少に関係なく毎年高く，分布の中心域であると考えられる．湾中央部（極細砂域およびガラモ場）や湾奥部アマモ場では，来遊量の少ない年には分布密度は低いが，来遊量の多かった1977年および1981年にはやや増加する傾向が見られた．いっぽう，湾口部では分布中心域の密度変化に関係なく低いままであった．この分布状態の違いは，志々伎湾におけるマダイ若魚の生息場所として湾奥部細砂域が一等地であることを強く示唆している．また，1977年，1981年の湾中央部や湾奥部アマモ場での分布密度の高まりは，湾奥部細砂域の密度の高まりによる生息場所の価値の相対的低下によるマダイの生活領域の拡大を意味するものと思われ，湾中央部および湾奥部アマモ場が二等地であることを示唆していると考えられる．いっぽう，常に密度の低い湾口部はマダイ若魚にとってさらに価値の低い三等地と言えるだろう．

Elton[28)]は正しい種類の食物を，しかも十分に見いだすことの必要さが，すべての動物をかりたてる根源的な推進力であると述べ，動物社会における食物関係の重要さを指摘している．先に述べたような志々伎湾におけるマダイ若魚の生息場所の等級分けは，その摂餌状態，そしてその反映と思われる栄養状態の面からも強く裏づけられる．すなわち，1981年7月の3水域間のマダイ若魚の摂餌状態を比較すると，湾奥部のマダイほど好みの餌料である Gammaridea および Mysidacea を多く摂取している傾向が見られると同時に，その平均摂餌率も高くなる傾向が見られた．そして，この湾奥部マダイの摂餌状態の良好さが高い脂肪蓄積の結果となってあらわれたものと推察される．このことは，マダイ若魚の生息場所の価値を決定する至近要因として餌が重要であることを示唆している．

マダイ来遊量が最も多かった1977年は，1975年および1976年に比べてやせた個体が多かった[1)]が，3水域のマダイを比較すると，いぜんとして湾奥部個体の平均摂餌率が湾中央・湾口部マダイに比べて高かった*．この1977年の結果および1981年（来遊量が1977年に次いで多く湾中央部で密度の高まりが見られる）の湾奥部マダイの摂餌状態の良好さと脂肪蓄積の事実は，森下[27)]も述べているように，一等地のマダイはその高密度による生活条件の悪化が深刻化するずっと以前に二等地へ移動・生息することを示唆しているように思われる．

* 首藤未発表

九州西岸域における各生息場所のマダイ若魚の生活内容を比較すると，多くの海域で，高密度分布域ほど大型個体が多く，肥満度や栄養状態が良好で摂餌率も高いという共通した傾向が得られた[29]．このことは，マダイが生息し得る環境においてはその等級分けを規定する至近要因が餌であることを示唆しており，餌生物としてのベントスの生産とマダイをめぐる生物群集内での，食う—食われる，食い分け，すみ分けを含めた動的な関係を明らかにしてゆくことが重要であると思われる．このためには，重要種ベントスの生活様式，食性類型および生活史をふまえた個体群変動を明らかにすることが先決であろう．また，これは同時に，マダイ当歳魚を key species とした骨格的食物連鎖における detritus food chain の占める位置を解明するための一助となるにちがいない．

要　約

志々伎湾にはマダイ若魚の多様な生息場所が存在し，生息場所間の分布密度には大きな開きがある．そこで，各生息場所ごと（湾奥部，湾中央部，湾口部）にマダイの種々の特性を比較検討し，生息場所の評価を試みた．また，各生息場所の環境特性の比較を行ない，生息場所の等級分けを成立させる要因について考察を加えた．

1．来遊量は年によって最高8倍程度の開きがあるが，分布密度は湾奥部細砂域で毎年常に高く，志々伎湾における若魚期マダイの分布中心域であることを示している．湾中央部や湾奥部アマモ場では，来遊量の多かった1977年および1981年には密度がやや高まる傾向が見られたが，湾口部では分布中心域の密度に関係なく毎年低いままであった．

2．3水域間の平均尾叉長を比較すると，5月はほとんど差が見られないが，6月から7月にかけてのマダイ集中期には，湾奥部と湾中央・湾口部との差が開きはじめ，湾奥部マダイの平均尾叉長が大きくなる傾向が見られた．

3．マダイの脂肪含有量の比較を行なったところ，湾奥部マダイの蓄積量が顕著に高く，湾口部マダイが最も低かった．

4．湾奥部マダイは好適餌料である Gammaridea および Mysidacea を摂食する割合が高く，湾中央部から湾口部の個体になるほどその割合が減少した．また，平均摂餌率は湾奥部マダイで最も高く，湾口部マダイで最も低かった．

5．マダイ若魚の分布密度の変化，脂肪含有量および摂餌状態の比較の結果から，湾奥部細砂域が一等地，湾中央部（極細砂域およびガラモ場），湾奥部アマモ場が二等地，湾口部が三等地と判断された．

6．海底直上水中の POC，PTN，細菌数はアマモ場内で最も高かったが，若魚期マダイの高密度分布域である湾奥部細砂域においても，湾中央部，湾口部に比べて著しく高い値を示した．この豊富な有機懸濁物質が湾奥部細砂域での Gammaridea を中心としたマダイの餌料生物の高い現存量を支えているものと考えられる．

文　献

1）畔田正格　1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構—分布・成長・日周期活動．資源培養方式開発のための沿岸域における若令期タイ類補給機構に関する研究（研究成果シリーズ**129**），125-129，農林水産技術会議事務局．

2）A. W. Coleman 1980: The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol. Oceanogr.*, **25**, 943-948.

3）玉井一寿　1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構—流動．資源培養方式開発のための沿岸域における若令期タイ類補給機構に関する研究（研究成果シリーズ**129**），103-106，農林水産技術会議事務局．

4）浜田七郎　1980：志々伎湾の海況特性．西水研研

＊首藤未発表（木曾の資料より算出）

報，(54)，141-155.

5）中坊徹次　1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構─マダイ幼魚を取りまく底生魚類群集の特徴．資源培養方式開発のための沿岸域における若令期タイ類補給機構に関する研究（研究成果シリーズ**129**)，116-119，農林水産技術会議事務局.

6）東　幹夫・陣野聡子　1980：平戸島志々伎湾の底生動物群集─Ⅰ．マクロベントスと堆積物による生息場所分析の試み．西水研研報，(54)，195-208.

7）畔田正格・池本麗子・東　幹夫　1980：志々伎湾における底生生活期マダイ当歳魚の分布と成長．西水研研報，(54)，259-278.

8）畔田正格・池本麗子・東　幹夫　1980：志々伎湾における マダイ当歳魚の 日周期活動．西水研研報，(54)，279-289.

9）小嶋喜久雄　1981：油谷湾における若齢期マダイの成長．西水研研報，(56)，55-70.

10）畔田正格・木村重人　1971：マアジ幼魚の摂餌量の推定．西水研研報，(39)，15-31.

11）安楽正照・畔田正格　1973：天然および養成マダイ幼稚魚の体成分の 差異．西水研研報，(43)，117-131.

12）木曾克裕　1980：平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態─Ⅰ．成長に伴う餌料の変化とその年変動．西水研研報，(54)，291-306.

13）東　幹夫　1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構─ベントス．資源培養方式開発のための沿岸域における若令期タイ類補給機構に関する研究（研究成果シリーズ**129**)，111-116，農林水産技術会議事務局.

14）R. N. Love　1970：The chemical biology of fishes, 547pp., Academic Press, London and New York.

15）山崎耿二郎　1972：絶食時の代謝の研究（Ⅰ)．コイの体成分変化と物質代謝について．水産増殖，**20**（3），127-136.

16）G. V. Nikolsky　1963：The ecology of fishes. Moscow (in Russian).〔亀井健三訳　1964：魚類生態学．315pp., たたら書房，米子.〕

17）牧　岩男　1967：びわ湖のホンモロコ個体群における変動要因の解析Ⅲ．O_+ 年魚における体内脂肪含有量の季節変化と"越冬"について．日生態会誌，**17**，199-205.

18）浜田七郎　1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構─海水の性状．資源培養方式開発のための沿岸域における若令期タイ類補給機構に関する研究（研究成果シリーズ**129**)，101-107，農林水産技術会議事務局.

19）上田拓史　1980：志々伎湾の動物プランクトンに関する研究─Ⅰ．1975年4月から8月までの動物プランクトンの 組成と 橈脚類の 分布．西水研研報，(54)，171-194.

20）田中　克　1977：志々伎湾の環境構造とマダイ当歳魚の 生産を めぐる 問題点．漁業資源研究会議報，(20)，77-101.

21）西條八束　1973：海洋の基礎生産．「海洋生化学」，海洋科学基礎講座**11**，285-366，東海大学出版会，東京.

22）E. B. Haines　1976：Relation between the stable carbon isotope composition of fiddler crabs, plants, and soils in a salt marsh. *Limnol. Oceanogr.*, **21**, 880-883.

23）E. B. Haines and C. L. Montague　1979：Food source of estuarine invertebrates analyzed using $^{13}C/^{12}C$ ratios. *Ecol.*, **60**, 48-56.

24）T. McConnaughey and C. P. McRoy　1970：Food-web structure and the fractionation of carbon isotopes in the Bering Sea. *Mar. Biol.*, **53**, 257-262.

25）─── 1979：^{13}C label identifies eelgrass (*Zostera marina*) carbon in Alaskan estuarine food web. *Mar. Biol.*, **53**, 263-269.

26）G. H. Rau　1979：Carbon-13 depletion in a hydrothermal vent mussel：Suggestion of a chemosynthetic food source. *Science*, **203**, 648-649.

27）森下正明　1950：ヒメアメンボの棲息密度と移動─動物集団についての観察と考察．「京大生理生態学研究業績」，(65)，1-149.

28）C. S. Elton　1927：Animal Ecology. Sidgwick and Jackson, London.〔渋谷寿夫訳　1955：動物の生態学．233 pp., 科学新興社，東京.〕

29）畔田正格・首藤宏幸・本城康至　1982：マダイ幼稚魚生息場の評価に関する考察．昭和56年度西海区ブロック浅海開発会議第1回魚類分科会議事録.

志々伎湾におけるネンブツダイの摂餌生態
―マダイ当歳魚との関係を中心として

畔田正格・池本麗子・首藤宏幸・東　幹夫*

Feeding Habits of a Cardinal Fish, *Apogon semilineatus*, in Shijiki Bay (Hirado Island, Nagasaki Pref.) Laying Stress on Relationships to 0-group Red Seabream (*Pagrus major*)

Masanori AZETA, Reiko IKEMOTO, Hiroyuki SUDO and Mikio AZUMA*

Feeding habits of a cardinal fish (*Apogon semilineatus*) were studied with emphasis on the ecological relation to 0-group red seabream (*Pagrus major*) in Shijiki Bay (Hirado Island, Nagasaki Pref.) during 1975 and 1980. Cardinal fishes and cohabiting fishes were caught by gochi trawl and beam trawl. Food organisms were sampled by sledge net. The gut contents of cardinal fish were analyzed by numerical percentage method and weight percentage method. To observe the activity of cardinal fish directly, underwater diving were conducted using scuba.

This cardinal fish is one of the year-round resident species in Shijiki Bay. During the day, they aggregate quietly beneath rocks or in the shadow of overhanging ledge, but during evening twilight they come out into open sandy bottom area near the rocky habitat. After spending the night time on the sandy bottom habitat, they return to diurnal shelter during morning twilight.

Small juveniles of this species about 20 mm in fork length first appear in Shijiki Bay during July and August and they grow to 30 mm in September and 50-60 mm in December. Though their growth is stagnant in winter season from January to March, growth rate increases again in April and they reach about 70 mm in May and 80 mm in July. 1-group cardinal fishes attain about 100 mm in March and 105 mm in July. The population of this species over 105 mm declines drastically.

In July the feeding activities of 1-group cardinal fish begin about 1 hour after sunset and continue to feed on small crustacea mainly composed of Gammaridea and

昭和58年1月5日受理
西海区水産研究所業績第406号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 406）
* 長崎大学教育学部（Faculty of Education, Nagasaki University）

Mysidacea supplemented by Pisces and Polychaeta with steady intensity. They cease to feed one hour before sunrise.

Small juveniles are active during the day and feed on pelagic Copepoda (*Acartia* spp.) which swarm near bottom. They change the diurnal activity pattern to nocturnal one during August and September. After this cardinal fish establishes the nocturnal habits, the main food organisms are Gammaridea and Mysidacea supplemented by Pisces (larva and juvenile largely composed of Clupeidae and Gobiidae), Natantia, Ostracoda, Polychaeta and Copepoda. Size of food organisms eaten by this cardinal fish increases with growth of the fish.

Nocturnal species such as cardinal fish, grunt (*Parapristipoma trilineatum*) and rockfish (*Sebastes inermis*) share the same food resources with diurnal species such as red seabream (*Pagrus major*), crimson seabream (*Evynnis japonica*) and goatfish (*Upeneus bensasi*) shifting their feeding time.

は　じ　め　に

マダイの資源培養を考える場合，マダイの生活を支えている資源の再生産が可能であるとともに，生態的安定性が保たれた状態で一定水域に生活できるマダイの量（環境収容力）を各発育段階について明らかにすることは基本的に重要な課題である．環境収容力を規定する最も大きな要因は食物と考えられ，その解析のためにはマダイの餌生物の生産に関する研究とともにそれがマダイに配分される過程，すなわち他魚種との餌をめぐる生態学的諸関係を検討する必要がある．

マダイの資源培養をはかる上で鍵となる発育段階である幼稚魚期を対象に，nursery ground のひとつである平戸島志々伎湾において，生命表および環境収容力の解明を最終目標とする調査・研究が1975年以来継続されている．分布量の多いハゼ類などとマダイ幼稚魚との関係については解析が進み（松宮ら[1]，東ら[2]），マダイ幼稚魚が餌をめぐる関係の中で優位に立っていることが明らかにされつつある．しかし，マダイ幼稚魚と活動時間帯をずらして同一の摂餌場所を利用している魚種との関係についてはまだ検討されていない．

テンジクダイ科魚類は基本的には夜行性であることが知られ（Hobson[3]），奥野[4] はネンブツダイ *Apogon semilineatus* が昼間は休止状態にあることを観察している．しかし，ネンブツダイの生態の具体的内容についてはふれていない．ここではマダイ幼稚魚の主生息場である湾奥細砂域で夜間に多く採集されるネンブツダイの分布，成長，摂餌場所および摂餌時間帯を調べ，マダイ幼稚魚とのかかわりあい方を検討したのでその結果を報告する．

研究を進めるに当り，終始御指導と御鞭撻をいただいた西海区水産研究所底魚資源部伊東祐方元部長（現東海区水産研究所資源部長），同部最首光三元第2研究室長（現新日本気象海洋株式会社）および同所浅海開発部本城康至部長に深く感謝する．また，研究を進める過程でたえず御批判をいただくとともに野外調査に御協力いただいた「志々伎湾調査グループ」の各位および野外調査に深い御理解と御支援をいただいた浦辺三十郎組合長はじめ志々伎漁業協同組合の皆様に厚く御礼申し上げる．

方　法

志々伎湾におけるネンブツダイの分布，成長および成長に伴う食性の変化を調べるため1975年から1980年にかけ，マダイ幼稚魚の来遊期である5～8月を中心に吾智網および底曳網（いずれも袋網部網目3㎜[5]）による定点採集を行った．底曳網定点は湾口部細砂域に3点（T-1,2,3），湾中央部極細砂域に1点（T-4），湾奥部細砂域に1点（T-5）および湾奥部アマモ場に3点（T-6,7,8）配置した（Fig. 1）．昼間採集の場合には全8点で，夜間には T-1,4,5 および7の4点で採集を行った．吾智網採集定点は湾奥細砂域に2点（G-1,2），湾奥部と中央部の境界域の岩礁周辺に3点（G-3,4,5），湾中央部極細砂域に2点（G-6,7），ガラモ場に1点（G-8）および湾口部細砂域に3点（G-9,10,11）配置し（Fig. 1），昼間に採集を行った．このような定点採集の外に，ネンブツダイの日周期活動を精査するため，1977年7月16～17日に湾奥細砂域（T-5,G-2,2′：Fig. 1）において底曳網と吾智網による魚類の，スレッジネット（NUS ネット[6]）による餌料生物の昼夜連続採集[7]を行った．また，ネンブツダイの行動を直接観察するため scuba および snorkel 潜水を適時行った．

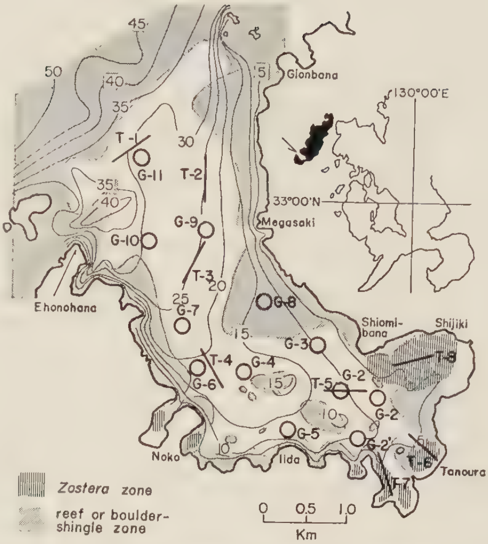


Fig. 1. 志々伎湾の海底地形と底曳網，吾智網採集定点
General topographic map of Shijiki Bay and sampling stations by beam trawl (T1-8) and gochi trawl (G1-11).

採集されたネンブツダイは船上で10%ホルマリン液で固定後研究室に持ち帰り，個体数・尾叉長・体重を計測した．胃内容物は湿重量を測定した後，含まれている餌料生物を綱または目，一部は種の段階まで同定し，計数した．胃内の各餌料生物毎の重量組成は NUS ネットによって採集された餌料生物の平均体重を計測された個体数に乗じて求めた．NUS ネットで採集された底生生物は10%中性ホルマリン液で固定後研究室に持ち帰り，1㎜目の篩に残ったもの（マクロベントス）を対象に綱ないし亜目，一部は種のレベルで個体数および平均体重を計測した．

結　果

1. 分布と成長

底曳網の定点採集によるネンブツダイの採捕結果を Fig. 2に示す（1976年6月3日）．昼間には砂底域およびアマモ場に配置された各定点ではネンブツダイは全く採捕されなかったが，夜間には湾中央部や湾奥部の砂底域を中心にアマモ場周辺でも採捕された．このような採捕量の昼夜差はネンブツダイの発育の初期（7～8月）を除き周年にわたって認められた．また，1975年7月から翌年8月にかけての周年にわたる吾智網採集結果をみてもガラモ場（G-8）および岩礁周辺域（G-3,4）を除く砂底域ではネンブツダイは昼間にはほとんど採捕されなかった．いっぽう，岩礁域での昼間の潜水調査によるとネンブツダイは岩の割れ目・ノッチ（notch）やホンダワラ類などのかげに特に積極的な行動は示さず，ぼんやり群らがっているのが周年観察された．活動状態にある魚類に対して漁獲効率のよい吾智網と休息状態にある魚類に対して漁獲効率のよい底曳網[7]による採集結果および潜水観察結果を総合すると，ネンブツダイは発育の初期を除いて昼間は岩礁域で休息状態で過し，夜間にマダイ幼稚魚の生息域である砂底域へ侵入してくるという日周期的小移動をくり返しているものと考えられる．

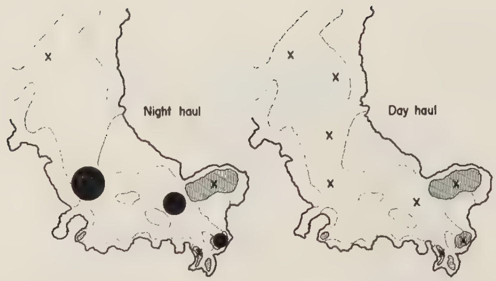


Fig. 2. 底曳網によるネンブツダイ採集量の昼夜差（1976年6月3日）
Night-day changes in catch of *A. semilineatus* caught by beam trawl (June 3, 1976). Each circle is shown using Lohman's method.

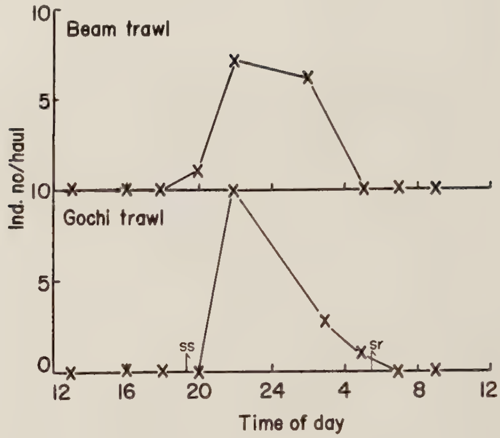


Fig. 3. 湾奥砂底域におけるネンブツダイの出現状況（1977年7月16〜17日）
The occcurrence of *A. semilineatus* in the sandy bottom area of the innermost part of the bay (July 16-17, 1977). Sr: Sun rise, Ss: Sun set.

1977年7月16日から17にかけての湾奥砂底域（G-2, T-5）での底曳網および吾智網によるネンブツダイ の採捕状況を時間をおってみると（Fig. 3），日没30分後

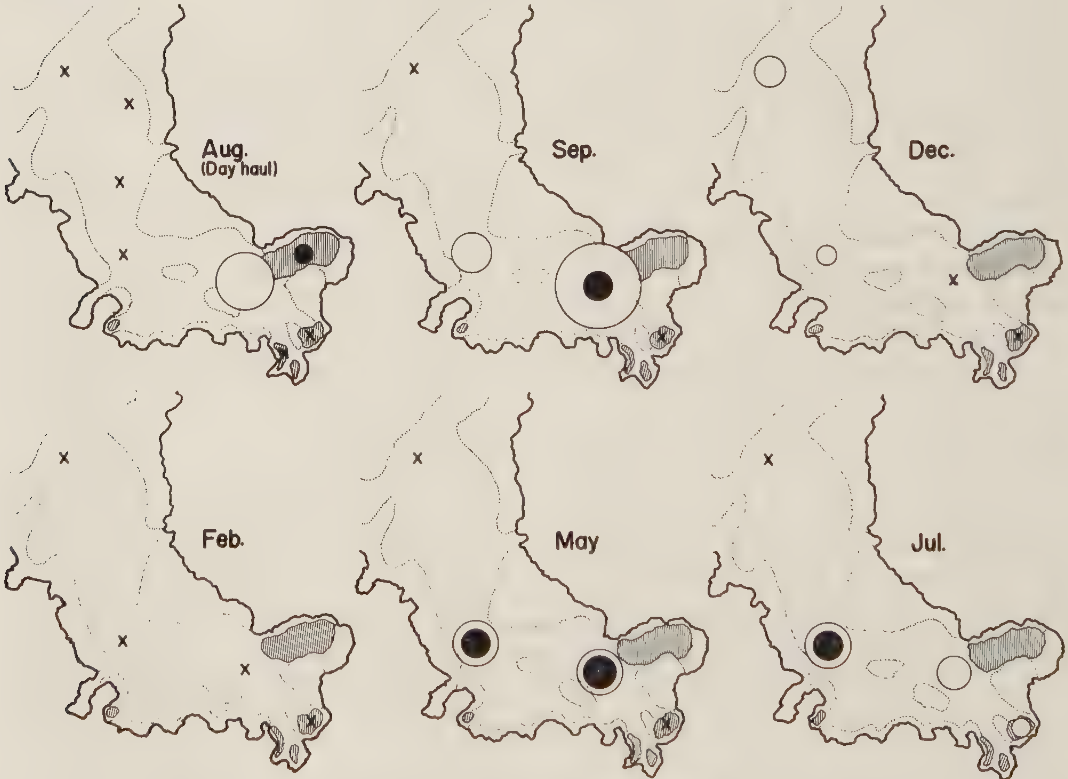


Fig. 4. 1975年8月〜1976年7月におけるネンブツダイの分布（底曳網夜間採集）
Distribution of *A. semilineatus* from August 1975 to July 1976 (night haul of beam trawl). X: beam trawl sampling station, open circle: 0-group *A. semilineatus*, solid circle: I-group *A. semilineatus*. Each circle is shown using Lohman's method.

の20時に少数個体が採捕されはじめ，前夜半にかけて採捕尾数が急増して極大値に達した．その後早朝から採捕尾数は減少する傾向がみられ，日出30分前の午前5時にはほとんど採捕されなくなった．このような採捕状況は昼間岩礁域に潜んでいるネンブツダイが日出没前後の薄明薄暮時に夜間の生息場である砂底域への移動を行うことを示唆している．

底曳網の夜間定点採集が周年にわたって実施された1975年7月から1976年7月にかけてのネンブツダイの採捕結果を Fig. 4に示す．ネンブツダイ当歳魚は7～8月に尾叉長20mm前後のものが岩礁や藻場周辺の砂底域で採捕されはじめるが，潜水調査によっても昼間に岩礁周辺で濃密な群れを作っているのがしばしば観察された．夜間には全く採捕されないことからみて，この発育段階のネンブツダイは昼行性の習性を持ち，夜間には岩礁域に潜んでいるものと思われる．9月に入ると夜間採集によってのみ採集されるようになり，この時期に顕著な夜行性への転換が行われるものと考えられる．9月以降翌年夏までネンブツダイ当歳魚は主として湾中央部から湾奥部の砂底域で夜間採集によって採捕されるが冬季には採捕量が減少する．この減少傾向は冬季にはネンブツダイの摂餌活動が衰え，昼夜とも岩礁域に潜んでいる個体が多くなることを示唆しているように思われる．

1歳魚の採集量は当歳魚の1/10程度に減少するが当歳魚と同様湾中央部から湾奥部にかけての砂底域で底曳網の夜間採集によって周年採捕された（Fig. 4）．しかし，満2歳に達する6～7月以降採捕量は急激に減少し，ほとんど採捕されなくなる．このような採捕状況はネンブツダイが志々伎湾沿岸の岩礁域とそれに連らなる砂底域を生息場所としている湾内定住種であることを示している．

Fig. 5にネンブツダイの平均尾叉長の季節変化を示す．7月から8月にかけて尾叉長20mm前後のネンブツダイは9月には30mm，12月には50～60mmとなった．その後3月までは低成長期に入るがこの時期はネンブツダイの砂底域への夜間侵入個体数が減少する時期に相当している．4月以降再び成長速度は増加し，5月には70mm前後，満1歳の7月には80～90mmに達した．1歳魚は3月で100mm，満2歳の7月で105mm前後となった．その後採集個体数は激減するが5，6，8月にそれぞれ尾叉長118mm，115mm，108mmの1歳魚の成長曲線に乗らない個体が採集されており，少数個体は満2年目以降も生き残るものと考えられる．

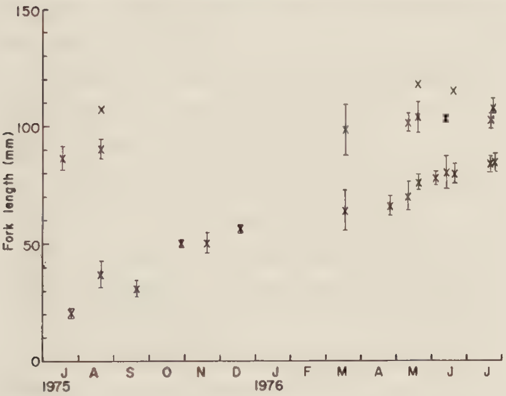


Fig. 5. ネンブツダイの平均尾叉長の季節変化
Seasonal changes in mean fork length of *A. semilineatus*. X: mean fork length, I: standard deviation.

2. 摂餌活動の日周変化

5月から8月にかけ底曳網および吾智網によって砂底域および岩礁域で採捕された当歳魚および1歳魚の群摂餌率*（同時採集群内の平均値）を採集時刻別に

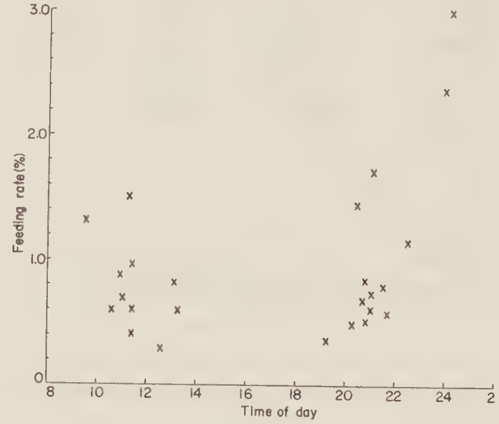


Fig. 6. ネンブツダイの摂餌率の日周変化
Diurnal changes in feeding rate of *A. semilineatus*.

* 摂餌率：$\frac{\text{胃内容物重量}}{\text{体重}-\text{胃内容物重量}}\times 100$

Fig. 6に示す．13時から18時にかけての採集群がないが，摂餌率は午前10時の1.2%前後から正午前後の約0.4%へ低下した後，夕刻から深夜にかけて再び上昇し24時には3%に達している．胃内容物の消化の度合は摂餌率の低下する昼間採集群の場合は消化が進み，餌生物の残査や破片がみられるにすぎない場合が多いのに反し，夜間採集群は摂取直後とみられる餌生物が大部分を占めていた．同一群内の摂餌率の変動幅は夜間採集群に比べて昼間採集群の方が高い傾向がみられ，平均的に摂餌率が低く，消化が進んだ群の中に魚類やエビ類などの大型の餌生物を摂取し，摂餌率が2%前後に達する個体が混在していた．このような観察結果はネンブツダイが基本的には夜間に摂餌活動を活発に行なう習性を持っていることを示唆するとともに昼間岩礁域に休息状態で群らがっているネンブツダイも餌料環境に恵まれれば活発に摂餌することを示唆している．

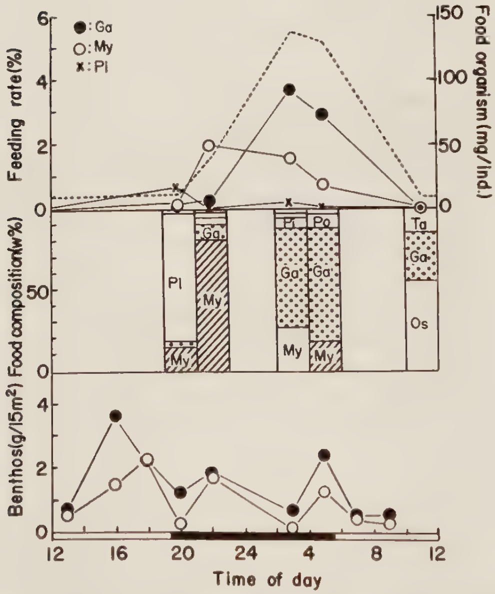


Fig. 7. ネンブツダイの摂餌率（破線），摂取された餌生物量，胃内容物組成および餌料ベントス出現量の日周変化

Diurnal changes in the feeding rate of *A. semilineatus* (dashed line), weight of food organisms taken, food composition and weight of benthos in the environment.

Ga: Gammaridea, My: Mysidacea, Pi: Pisces, Po: Polychaeta, Os: Ostracoda, Ta: Tanaidacea.

1977年7月16日から17日にかけて，マダイ当歳魚の主生息場所である湾奥砂底域における吾智網(G-2,2′)および底曳網(T-5)の2〜5時間間隔の昼夜連続採集によって採捕されたネンブツダイ1歳魚の群摂餌率，胃内容物組成および NUS ネットによる餌料生物の採集状況を Fig. 7 に示す．日没30分後の20時に湾奥砂底域に出現しはじめるネンブツダイの群摂餌率は0.5%で，胃内容物は消化の進んだ状態のものが多かった (Fig. 7，上)．摂取個体数の多いのは Mysidacea（アミ類），Pisces（カタクチイワシ稚魚），Gammaridea（ヨコエビ類）でネンブツダイ1尾当りそれぞれ2.0，0.6，0.5個体が摂られ，重量組成ではそれぞれ15.9，81.2，1.6%を占めていた．これらの他には Natantia（エビ類）および Ostracoda（介形類）がわずかに認められた．

22時採集群では群摂餌率は1.63%と約3倍に達し，摂取直後の未消化餌生物の割合が急激に高まった．最も多く捕食されていたのは Mysidacea で1尾当り平均26.0個体，最高72個体が摂られ，重量比で81.4%を占めていた．Gammaridea は1尾当り平均7.2個体，最高11個体が摂取され，重量比で10.2%を占めていた．両者の他では Pisces（カタクチイワシおよびヒメジ稚魚），Natantia, Ostracoda, Polychaeta（多毛類），Cumacea（クマ類）などが散発的に捕食されていた．03時採集群では群摂餌率は5.5%に上昇し，一日のなかでの最高値に達している．胃内に最も多く出現した餌生物は Gammaridea で1尾当り平均112.2個体，最高196個体が摂取され，重量比で62.2%を占めていた．次いで餌料として重要な位置を占めているのはアミ類で1尾当り平均21.0個体，最高46個体が捕食され，重量比で27.0%を占めていた．両者以外で Pisces（カタクチイワシ稚魚），Polychaeta, Natantia, Ostracoda が摂取され重量比で4.4〜0.6%を占めていた．

日出30分前の05時採集群では群摂餌率は5.2%で低下傾向がみられた．餌料として最も比率の高いのは Gammaridea で1尾当り平均89.0個体が摂取され，重量で68.6%を占めていた．Gammaridea 以外では Mysidacea, Polychaeta, Ostracoda が捕食され，それぞれ重量比で19.6，10.2，1.5%を占めていた．湾奥砂底域では昼間にはネンブツダイは採捕されなかったが，砂底域に隣接する岩礁域周辺（G-4）での11時採集群の胃内容物は消化が進み，餌生物の同定が不可能な状

態のものが 多くみられた．餌生物としては Ostracoda, Gammaridea, Tanaidacea（タナイス類）など小型甲殻類が1尾当りそれぞれ0.5，0.3，0.2個体認められるにすぎず，群摂餌率も0.4%へと低下していた．

このような群摂餌率の日周変化はネンブツダイの摂餌活動が基本的には夜間に行われていることをうらづけている．そして昼間の生息場所（岩礁域）から夜間の生息場所（砂底域）への薄暮時の日周期的小移動を考え合せると，摂餌活動は薄明薄暮時を除く日没1時間後の20時30分頃から日出1時間前の4時30分頃の間に，マダイのように摂餌活動のピーク[7] は形成せずにほぼ一定の強度で行われていることをうかがわせる．

次に，ネンブツダイの胃内容物中で大きな重量比を占めている Gammaridea, Mysidacea および Pisces のネンブツダイ1尾当りの摂取重量の日周変化をみると（Fig. 7，上），Gammaridea の摂取量は後夜半から早朝にかけて急激に増え，03時採集群では1日のうちの最高値の 92mgに達している．そしてこの Gammaridea のネンブツダイの胃内での出現傾向は群摂餌率の変化傾向と 極めてよく 対応しており，群摂餌率 が Gammaridea の摂取状況によって 左右されること，すなわち，この時期の ネンブツダイの 主食が Gammaridea であることを示している．いっぽう，Mysidacea の摂取量は22時採集群では1日のうちの最高値の1尾当り49mgであるがその後時間の経過とともに摂取量は減少する傾向を示している．Mysidacea は Gammaridea に比べて摂取量が少なく，その日周変化傾向も群摂餌率の変化傾向とずれがみられることから考えると，ネンブツダイの餌としての依存度は Gammaridea よりも低いものと思われる．さらに，摂餌率の低い時間帯に大きな重量比を占めることのある Pisces の捕食量は Mysidacea よりはるかに少なく，摂取量の日周変化も群摂餌率のそれとは相関傾向は認められない．Pisces はネンブツダイにとって 基本的には偶発的に摂取される補助的な餌料とみてよいように考えられる．

ネンブツダイにとっての主要餌料生物である Gammaridea と Mysidacea の NUS ネットによる採集結果をみると（Fig. 7，下），Gammaridea と Mysidacea で多少の時間帯のずれはみられるが両者とも朝夕にピークがみられ，昼間および夜間の採集量が少ない傾向がみられる．NUS ネットはそり（sledge）を用いて底表に分布する餌生物を採集するネットであることを考えると，ネンブツダイの摂餌時間帯である夜間には砂底表層の Gammaridea および Mysidacea の分布量が一日の間で相対的に少ない時間帯に相当していることを示している．

3. 成長に伴う食性の変化

1975年7月から1976年7月にかけての底曳網の定点採集によって採捕されたネンブツダイの成長に伴う胃内容物組成の経月変化を Fig. 8 に示す．ネンブツダイ

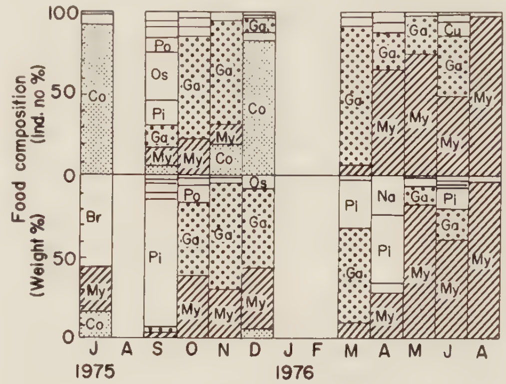


Fig. 8. ネンブツダイの成長に伴う餌生物組成の変化
Changes in food composition with the growth of *A, semilineatus*. Co: Copepoda, Br: Brachyura, Na: Natantia, Cu: Cumacea. Consult with legend of Fig. 7 for explanation of other abbreviations of food items.

の採集時間帯は発育初期の7月のみは昼間（13時）で，その他の 時期は 日没後の前夜半（20〜24時）を中心としている．7月から8月にかけて昼間にのみ岩礁周辺の砂底域で採集される尾叉長20mm前後の発育初期のネンブツダイの群摂餌率は0.6%と低い．胃内には個体数の上では *Acartia* 属に属する浮游性橈脚類が圧倒的に多く出現し，1尾当り平均19.0個体，最高106個体が捕食され，個体数で93%を占めていた．橈脚類以外では Brachyura（カニ類）のゾエア幼生が1尾当り1〜3個体捕食されている他は Mysidacea, Cladocera（枝角類）が散発的に 摂られているにすぎなかった．重量組成では1個体当りの 重量の 大きい Mysidacea 比率がかなり高くなるが，出現率（胃内に Mysidacea の出現した個体数／調査個体数）は極めて低く，ネン

ブツダイの生活を支える安定した餌料を構成しているとは考えられない．この時期の主食は昼間に海底周辺にスワームを形成している *Acartia* 属などの橈脚類[8]を主体とする浮遊性の甲殻類とみてよい．

9月に入り夜間にのみ採集されるようになると餌生物はプランクトンからベントスへと劇的な変化を示すとともに群摂餌率は4.1%に急上昇し，内容も多様化する．個体数では Ostracoda が最も多く，ネンブツダイ1尾当り平均2.1個体，最高9個体が摂取されていた．次いで Pisces（ウルメイワシ稚魚），Gammaridea，Mysidacea，Polychaeta がそれぞれ1尾当り平均1.0個体捕食されていた．重量比では1個体当りの重量の大きい Pisces の占める割合が高くなり，胃内容物中の80%に達していた．10月から11月にかけては Copepoda，Ostracoda などの小型餌料生物の捕食量が減少するにつれ，大型 Gammaridea（10月：1尾当り平均3.3個体，11月：同4.1個体）や Mysidacea（10月：1尾当り1.2個体，11月：同1.7個体）の摂取量が増加した．10月における Gammaridea および Mysidacea の胃内容物中に占める重量比はそれぞれ，46%，38%で両者で84%に達している．11月には Gammaridea, Mysidacea の重量比はそれぞれ，66%，29%となり両者で95%を占めている．

12月採集群の胃内容物組成では *Calanus* 属や *Rhincalanus* 属に属する大型（体長3～4㎜）の外海性 Copepoda が多く捕食され（1尾当り最高37個体），個体数比では83%を占めていた．これらの Copepoda は冬季の季節風の連吹による外海水の流入に伴って湾内に分布するようになったものであろう．しかし，重量比では Copepoda は胃内容物中の5%にすぎず，Gammaridea（49%）および Mysidacea（38%）で90%近くを占めていた．3月採集群では Gammaridea が主食となっており，ネンブツダイ1尾当り平均10.3個体，最高27個体が摂取され，胃内容物中の個体数比で86%，重量比で58%を占めていた．重量比で胃内容物中の約30%を占めている Pisces はカタクチイワシ稚魚で捕食個体数では1尾当り平均0.1個体にすぎない．4月採集群では Mysidacea の捕食比率が高まり，個体数比で65%，重量比で28%を占めていた．Mysidacea の他には Pisces（カタクチイワシ稚魚）が偶発的に捕食され，重量比では42%に達している．

5月から7月にかけて採集されたネンブツダイ（尾叉長70～90㎜）の胃内容物組成では Mysidacea の比率が高く，5，6，7月の個体数比ではそれぞれ，75%，49%，98%を，重量比ではそれぞれ，82%，60%，97%を占めていた．ネンブツダイ1尾当りの平均摂取個体数は5月で12.2個体，6月で8.3個体であったものが7月には54.7個体となり，最高捕食個体数は177個体におよんでいた．5月および6月に Mysidacea に次いで摂取量の多かったのは Gammaridea で5月には1尾当り平均4.0個体が，6月には6.2個体が捕食され，重量比でそれぞれ，11%，19%を占めていた．5月から7月にかけての期間では Mysidacea と Gammaridea を加え合せると個体数比で86～99%，重量比で80～98%の範囲にあり，圧倒的な比率を占めている．この両者の他には Cumacea や Ostracoda などの小型甲殻類およびカタクチイワシ，ハゼ類，ヒメジ，イサキなどの浮遊期稚魚が散発的に摂られていた．

1歳魚以上のネンブツダイの胃内容物も当歳魚と極めてよく似かよっており，3月採集群は Gammaridea に対する依存度が高く重量比で90%に達しているが5月から7月にかけての採集群は主食である Mysidacea を Gammaridea や Pisces で20～40%程度補なっている．

いっぽう，6月から8月にかけてネンブツダイの卵巣および精巣重量が急速に増加するが，この時期に昼間に岩礁周辺で採集された群には雌雄とも空胃個体の比率の高い場合（36.4%）がみられた．そして空胃個体の胃内には口内孵化中のものが採集の際に飲み込まれたと思われる付着糸によってからまった自身の卵塊がしばしば観察された．夜間砂底域で採集されたネンブツダイからは空胃個体や胃内に自身の卵塊を持つ個体は発見されなかったことからみて，口内孵化中のネンブツダイは昼夜とも岩礁域に潜み，Suyehiro[9] や Hobson[10] が示唆しているように摂餌活動を低下させているものと考えられる．

前に述べたようにネンブツダイの摂餌時間帯は20時30分から4時30分におよんでおり，ネンブツダイの採捕時間帯が前夜半に集中していることから考えて多少の補正は必要と思われるが，夜行性に移行してからのネンブツダイの主食は Gammaridea および Mysidacea とみてよいと考えられる．そして，成長するにつれマダイ当歳魚ほど明瞭でないが Gammaridea から

より大型の Mysidacea への依存度を高めている傾向がうかがわれる．両者以外では浮遊期稚仔魚や Natantia, Ostracoda, Polychaeta, Copepoda などの小型甲殻類が捕食され，時に Gammaridea や Mysidacea の地位を占める場合があるが，出現率や1個体当りの重量が小さいことを考えるとネンブツダイの栄養源としての価値はあまり高くないものと考えられる．

4. 湾奥砂底域に分布する魚類群集の活動時間帯

マダイ当歳魚の来遊盛期にあたる6月から7月(1976年）にかけ，湾奥砂底域（T-5）において夜間の底曳網採集によって得られた魚種組成を Fig. 9 に

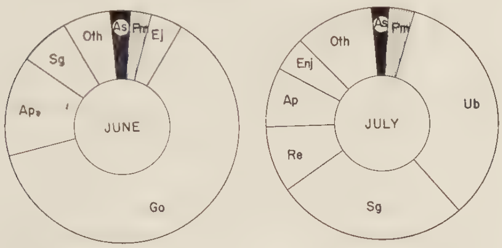


Fig. 9. 底曳網の夜間採集によって得られた湾奥砂底域の魚種組成
Species composition of fish community in the sandy bottom area of the innermost part of the bay caught by night haul of beam trawl (June and July, 1975).
As: *Apogon semilineatus*, Pm: *Pagrus major*, Ej: *Evynnis japonica*, Go: *Gnatholepis otakii*, Ub: *Upeneus bensasi*, Sg: *Sagamia geneionema*, Ap: *Acentrogobius pflaumi*, Re: *Rudarius ercodes*, Enj: *Engraulis japonica*.

示す．6月の採集魚種数は26種，総尾数は440尾でユカタハゼ，スジハセ，サビハゼなどのハゼ類が多いが，ネンブツダイはそれらに次いでマダイやチダイ当歳魚に匹敵する2.3%を占めていた．7月には21種，228尾の魚類が採集されたがネンブツダイはヒメジ当歳魚，サビハゼ，アミメハギ，スジハゼなどに次いで7位を占めマダイにほぼ匹敵する5尾が採捕された．このようなことからマダイが湾奥の砂底域に集中している6～7月[5]には平年並（1976年）のマダイ当歳魚密度に優るとも劣らない密度のネンブツダイ（夜間活動状態にあるネンブツダイに対する底曳網の採集効率は夜間休息しているマダイに対するより低いと考えられる）が夜間にマダイの生息場所で摂餌活動を行っているこ

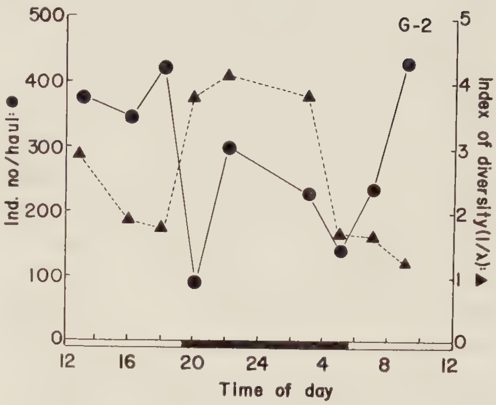


Fig. 10 1. 湾奥砂底域における吾智網採集による採捕魚類個体数および魚類群集の種多様度の日周変化(G-2)
Diurnal changes in catch and index of community diversity of fish caught by gochi trawl in the sandy bottom area of the innermost part of the bay (G 2).

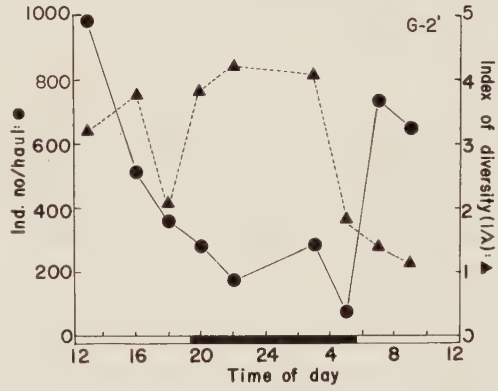


Fig. 10-2. (G 2')

とがわかる．

1977年7月16日から17日にかけて湾奥砂底域（G-2, 2'）で行った吾智網の昼夜連続採集による魚類の採集尾数および魚類群集の種の多様度指数（$1/\lambda$, λ: Simpson[10] の単純度指数）を Fig. 10 に示す．湾奥砂底域中央部の定点 G-2（Fig. 10-1）では9回（13, 16, 18, 20, 22, 03, 05, 07および04時）の採集によって32種2,561尾の魚類が採捕されたが，100尾以上に達したのはマダイ当歳魚，ヒメジ当歳魚，サビハゼ，オキヒイラギでこれら4種で全採集尾数の91%を占め

ていた．岩礁よりの定点 G-2′，(Fig. 10-2) では40種，4,058尾の魚類が採捕されたが魚種組成はやや異なり100尾以上採捕された魚種はオキヒイラギ，マダイ当歳魚，ヒメジ当歳魚，チダイ当歳魚およびサビハゼの5種で全採捕尾数の90%を占めていた．採集時刻別の採捕種数は G-2 点で6〜17種，G-2′点で7〜17種でアナゴ類，ネンブツダイ，イサキ当歳魚などの採捕によって夜間にやや高くなる傾向がみられた．採捕尾数および種多様度指数の時間的推移をみると，G-2 点の昼間採捕尾数は400尾前後に達しているが薄明薄暮時および夜間には100〜300尾に低下した．G-2′ 点では採捕尾数の昼夜差は G-2 点よりさらに顕著で昼間採捕尾数は夜間の3〜5倍におよんでいた．多様度指数は2定点を通じ昼間に低い値を示し，夜間に高くなる傾向がみられた．このような夜間の採捕尾数が昼間に比べて低下する主な原因はマダイ，チダイ，オキヒイラギなどの多獲魚種の採捕数が夜間に低下することにあり，群集の多様性が夜間高まるのは多獲魚種採捕数の低下とともにアナゴ類，テンジクダイ類，イサキなど昼間採捕されない魚種が魚類群集に加わったことによっている．

いっぽう，湾奥砂底域中央部の定点 T-5 で吾智網採集と同時に行った底曳網による9回の昼夜連続採集では35種，1,582尾の魚類が採捕された．100尾以上採捕されたのはマダイ当歳魚，サビハゼ，ヒメジ当歳魚で，この3種で81.3%を占めていた．採集時刻別の魚類の採捕尾数，種の多様度指数の変動を Fig. 11 に示す．昼間および薄明薄暮時の採捕尾数は100〜150尾の範囲にあるが夜間にはマダイなど多獲種の採捕尾数が増え，昼間の値の2〜3倍に達した．採捕種数は8〜18種の範囲にあるが吾智網同様夜間にはネンブツダイ，メバル，マアナゴなどが採捕され昼間に比べやや増加する傾向がみられた．種の多様度指数は吾智網の場合より高く，3〜4の範囲にあるが薄明薄暮時に高くなる傾向がみられた．

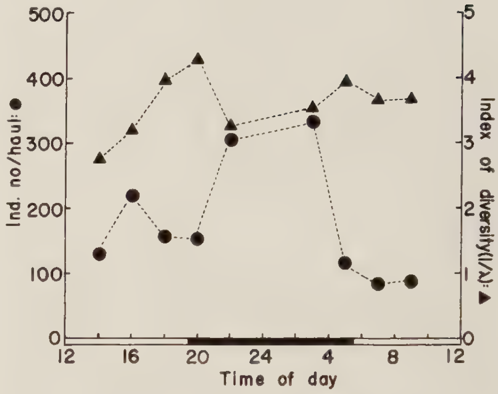


Fig. 11. 湾奥砂底域における底曳網採集による採捕魚類個体数および魚類群集の種多様度の日周変化
Diurnal changes in catches and index of community diversity of fish caught by beam trawl in the sandy bottom area of the innermost part of the bay.

G-2 における9回の吾智網採集によって得られた

Table 1. 群集類似度指数 C_λ による採集時刻別魚類群集の類似マトリックス
Similarity matrix of fish community caught in different time using similarity index(C_λ).

	1300	1600	1800	2000	2200	0300	0500	0700	0900
1300		0.873	0.842	0.739	0.744	0.792	0.828	0.829	0.763
1600			0.993	0.787	0.798	0.864	0.985	0.991	0.939
1800				0.814	0.792	0.848	0.999	1.000	0.964
2000					0.926	0.948	0.785	0.785	0.692
2200						0.956	0.764	0.769	0.669
0300							0.811	0.826	0.704
0500								1.000	0.980
0700									0.976
0900									

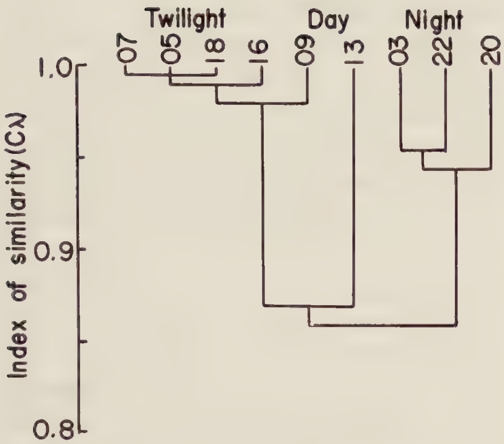


Fig. 12. 群集類似度指数 C_λ による採集時刻別魚類群集の類似性を示すデンドログラム
Dendorogram of similarity of fish communities caught in different time from cluster analysis with community similarity index (C_λ).

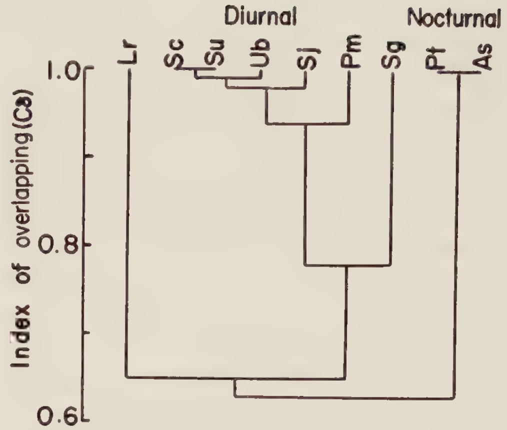


Fig. 13. 分布重なり度指数 C_δ による主要魚種の活動時間帯の類似性を示すデンドログラム
Dendrogram of similarity of fish activity patterns from cluster analysis with index of overlapping (C_δ).
Lr: *Leiognathus rivulatus*, Sc: *Stephanolepis cirrhifer*, Su: *Saurida undosquamis*, Sj: *Sillago japonica*, Pt: *Parapristipoma trilineatum*. Consult with legend of Fig. 9 for explanation of other abbreviations of fish species.

採集時刻別の魚類群集について MORISITA[11] の群集類似度指数 $C\lambda$ を求め，類似マトリックス(Table 1)およびデンドログラムを作成した（Fig. 12）．薄明薄暮時採集群（05，07，16，18時）は相互に高い類似性を示し，07時採集群や16時採集群を通じて昼間(09，13時)採集群とつながっている．いっぽう，夜間採集群(20，22，03時）も相互の間では高い類似性を示すが昼間および薄明薄暮時採集群とは相対的に類似度指数は低く，異なったグループに属していることを示唆している．このような採集された魚類群集の類似度からの昼間，薄明薄暮時および夜間採集群の大まかな識別は G 2′ 点での吾智網採集さらには T-5 点での底曳網採集の場合でも薄明薄暮時採集群に多少の入れかわりはあるが可能であった．

以上に述べてきたように吾智網および底曳網による魚類の採集種数・個体数，魚類群集の種多様度・類似度の採集時刻別変化や相互の関連は，両漁具の漁獲性能の特性（吾智網：活動状態にある魚類に対して漁獲効率がよい，底曳網：休息状態にある魚類に対して漁獲効率がよい）を考慮すると夜間活動型の魚類に比べて昼間活動型魚類の種数や魚群量が多いことを示すとともに，両活動型の入れ替わる時間帯はマダイ当歳魚[7] やネンブツダイに典型的にみられるように薄明薄暮時にあることを示唆している．

次に，湾奥砂底域中央部の G-2 点における 9 回の吾智網採集による採捕尾数が10尾以上の種について MORISITA[11] の分布重なり度指数 $C\delta$ を計算し，デンドログラムを作成した（Fig. 13）．昼行性のマダイ[7] はマエソ，カワハギとの間に高い分布重なり度を示し，両種を通じてヒメジやキスとつながる昼行性魚類群集を構成している．いっぽう，夜行性のネンブツダイはイサキと分布重なり度が高く，マダイを中心とするグループとは別のグループに属していることを明瞭に示している．この他に採集尾数は10尾に達しないが，ネンブツダイと分布重なり度が高く，夜行性の習性を持っている可能性のある魚種としてはマアナゴ，クロアナゴ，ヤリヌメリなどがあげられる．オキヒイラギは昼行性のグループとも夜行性のグループとも分布重なり度は低いが，このことはオキヒイラギが底質との結びつきの弱い浮魚的性格を持っていることを示唆しているように思われる．湾奥砂底域の岩礁よりの G-2′ 点においても昼行性の有力魚種としてチダイが加わった他はほぼ同様の結果が得られた．湾奥砂底域中央部の T-5 点での底曳網採集の場合は吾智網の場

合と異なって夜間砂底域に侵入してくる魚種と夜間休息状態にある魚種の分布重なり度が高くなり，活動時間帯の検討は不可能である．しかし，昼間岩礁域やアマモ場でぼんやりむらがっているメバル若魚はネンブツダイとの分布重なり度が高く，夜行性の可能性が強い．

これらの解析結果および吾智網，底曳網による採集結果を総合すると，マダイ当歳魚がヨコエビ類，アミ類を主食に湾奥砂底域に集中して生活している6～7月の魚類群集はマダイ，チダイ，マエソ，ヒメジ，キスなど昼夜とも砂底域に留り，昼行性の活動様式を持つグループと，量的には昼行性グループに比べて多くないが夜間に周辺の岩礁域や藻場域から砂底域に侵入してくるネンブツダイ，イサキ，マアナゴ，クロアナゴ，メバルなどの夜行性のグループから成り立っていることが推察される．

考察

近年 scuba を用いての潜水観察が盛んに行われるようになって以来，多くの魚類の摂餌行動が直接観察によって追求され，魚類の日周期的活動様式は昼間型，夜間型および薄明薄暮時型の3タイプに大別されることやこの活動型は同一科内の魚種に共通するものであることが明らかにされてきた[12,13,14]．HOBSON[3,12] は Florida Keys や西インド諸島で調べられた全てのテンジクダイ科魚類が夜行性であったことを紹介するとともに自身がカリフォルニア湾やハワイ島で潜水観察と消化管内容物調査によって調べた4種のテンジクダイ科魚類が Brachyura（カニ類），Natantia, Mysidacea, Gammaridea などプランクトンやベントスに属する小型甲殻類を主食とし夜行性の習性をもっていることを報告している．また，橋本[15]も南西諸島のさんご礁や岩礁域で調べた7種のテンジクダイ科魚類のうち5種が夜行性であることを確認し，昼間は岩やさんご礁のものかげに静かに群れているが夜間に Amphipoda, Macrura, Brachyura, Fish（クモハゼ科，イソギンポ科，スズメダイ科などに属する稚仔魚）を捕食すると述べている．ネンブツダイについて奥野[4] はクロホシイシモチとともに夜行性であることを示唆している．今回得られた昼間には岩礁域で休息し，夜間に摂餌場所である砂底域に移動して Gammaridea や Mysidacea などの小型甲殻類や稚仔魚を捕食するというネンブツダイの行動様式もこれらの観察結果をうらづけている．しかし，昼間の岩礁域における潜水調査の際ムラサキウニなどの殻を割ると岩かげに群れていたネンブツダイやクロイシモチなどのテンジクダイ科魚類が集まり，ウニの体組織を貪食することがしばしば観察された．また，昼間の磯釣の際などにテンジクダイ科魚類が釣れるのはごく普通のことである．このような現象と先に述べた昼間の摂餌率の低い群の中に大型餌料生物を摂取している個体が混在している事実はテンジクダイ科魚類の基本的な活動型は夜行性であるが餌環境に恵まれれば昼間にも摂餌活動を行うという融通性をもっていることを示している．

ネンブツダイは幼期には昼間に摂餌活動を行い，主食は底層にスワームを作っている浮遊性の橈脚類で，餌内容は単純な様相を呈しているが尾叉長30㎜前後を境に夜行性に転じ，餌内容は Gammaridea, Mysidacea, 稚魚類などへと急激に大型化，多様化する．このような幼期における活動時間帯の切り換えとそれに伴う餌生物の drastic な変化はカリフォルニア沿岸の *Sebastes serranoides*[16] などでも観察されており，浮遊性の稚仔魚期を送る夜行性の魚類にとって共通のまた必然的な過程と考えられる．夜行性に移行してからのネンブツダイは Gammaridea, Mysidacea を主食に Pisces, Natantia, Ostracoda, Polychaeta, Copepoda など大小さまざまな餌生物を混食している．主食の一つである Gammaridea のうちネンブツダイの胃内に多く出現するのは *Byblis japonicus* を主体とする Ampeliscidae に属する種をはじめとして Haustoriidae, Corophiidae などに属する比較的限られた種であった．これらは志々伎湾の砂底域に多く分布している種であり，朝夕の薄明薄暮時には底表に多いが夜間には水中に浮上し，昼間には堆積物中に潜伏していることが明らかにされつつある（東，未発表）．いっぽう，志々伎湾とほぼ同緯度にあるカリフォルニア州沿岸で昼夜にわたってプランクトンネットによる潜水採集を行った HOBSON ら[16] は昼間には水中にほとんど分布していない小型甲殻類，なかでも Gammaridea

や Mysidacea が夜間には水中（特に底表近く）に大量泳ぎ出してくることを報告している．岩礁域の昼間のに休息場から夜間の摂餌場所である砂底域へ侵入してくるネンブツダイは大きな眼と口，かなり発達した鰓耙を活用して，昼間のかくれ場所を離れたこれら大小様々の餌生物を水中で捕食しているものと考えられる．水中でのネンブツダイの摂餌行動については *Calanus* などの典型的なプランクトンがしばしばかなり大量に摂取されていることからもうらづけられる．HOBSON[3,12] はテンジクダイ科魚類が夜間に昼間潜んでいる岩やさんご礁の上 1 m前後のところで摂餌活動を行っていることを観察しているがネンブツダイの場合も吾智網（網丈6.1 m），底曳網（網丈2.1 m）による採捕状況からみてその層は底表近くを中心にしているように思われる．HOBSON[16] や東（未発表）の夜間のネット採集結果はネンブツダイの胃内に Gammaridea や Mysidacea が多く出現するのは夜間の摂餌場所での現存量を反映していることを示唆しており，ネンブツダイは大きさ以外に餌に対する選択性は示さないものと考えられる．

HOBSON[13] は昼間かくれ家に潜んでいる無脊椎動物や夜行性魚類が夜間大挙して出現し，魚類をめぐる生物群集の様相が昼夜で一変することを述べるとともに岩礁をとりまく砂底域が夜行性の磯魚の生産を支える上で重要な役割を果していることを強調し，魚礁の機能を考える上での一つの示唆を与えている．吾智網や底曳網によるネンブツダイと共通した採捕のされ方から夜行性の可能性があることが推察されたイサキとメバルについて既往の知見をあたってみると，奥野[4] は「イサキは昼間は岩かげで大群を作ってじっとしているが，夜になると沖の方へ餌を求めて出ていく」と述べている．また，松宮ら[17] はイサキ当歳魚は Copepoda を主食として昼間に摂餌活動を活発に行うが1歳以上になると主食を環境中に多い Gammaridea → Mysidacea→Pisces へと変化させ，夜行性に転換することを報告している．さらに HOBSON[13] はカリフォルニア湾に分布するイサキ科魚類6種のうち昼間に摂餌活動を活発に行う個体もあることを認めた上で，すべての種が基本的には夜間に砂底域で小型甲殻類を捕食する習性を持っていることを報告している．また，メバル成魚について HARADA[18] は昼間のかくれ場である岩礁域のものかげから夕刻姿を消した後，朝になって再び帰ってくることを確認し，多毛類，端脚類，小型のエビ・カニ類，稚魚類などの餌を夜間に摂餌していることを推察している．このようなことから昼間に岩礁域に潜んでいるこれら両種は夜行性の習性を持ちネンブツダイと同様 HOBSON の主張しているようにマダイの主生息場所である湾奥砂底域で生産される餌生物に強く依存していると考えてさしつかえない．

いっぽう，志々伎湾の湾奥砂底域に生息するマダイ当歳魚[19] をはじめとする，チダイ[20]， スジハゼ[1,2]，サビハゼ， ヒメジ* など昼行性魚類の食性が調べられ，これらの魚種では成長につれ基本的には餌生物を Copepoda→Gammaridea→Mysidacea へと変化させるネンブツダイ，イサキなどの夜行性魚類とも共通する移行過程が認められている．そしてこれら昼行性，夜行性魚類の餌生物として中核的な役割を果している Gammaridea について魚種間の異同を種のレベルで比較してみるとネンブツダイ・イサキ[17] の場合と同様 *Byblis japonicus* をはじめとする Ampeliscidae, Haustoriidae, Phoxocephalidae などに属する環境中に卓越している比較的限られた種が共通して摂られている傾向がみられる．

このように志々伎湾奥部に生息する底生魚類は，餌生物の生息場所の日周変化に対応させて，昼間から薄明薄暮時にかけて活動する昼行性の魚種は底表を中心に，夜行性の魚種は底を離れて水中で相互に時間的に食い分け直接的な競合をさけながら同じ食物資源を利用しているといえる．共通の食物資源を時間的にずらして利用している例は昆虫[21]などにもみられるが志々伎湾の魚類群集は環境特性や環境構造を通じて生産される餌生物[22,23] を場所的，時間的に棲みわけたり，食いわけたりして種間の緊張を緩和しながら最も効率よく利用する機構を形づくっているものと考えられる．浅海・内湾域では海藻・草類を起点とする腐食連鎖 detritus food chain が重要な位置を占め，底層を中心に物質代謝が行われていることが指摘されているが[24]，志々伎湾において観察された植物プランクトンの底層への沈降・集積，Copepoda の昼間の底層集中分布，底生生物の夜間浮上行動，昼行性・夜行性魚

* （池本，東未発表）

類の摂餌行動などはこの腐食連鎖が植物プランクトンを起点とする生食連鎖 grazing food chain と分かちがたく結びついていることを示唆している[25]．浅海内湾域での生物生産を考える場合には隣接する砂底域，岩礁域，藻場をつなぎ合せるとともに腐食連鎖と生食連鎖を総合的にとらえる視点が必要と考えられる．

今後，成育場におけるマダイの環境収容力を解明していくためにはマダイを中心とした昼行性，夜行性魚類を総合した食う―食われる，棲みわけ，食いわけなどの諸関係を動的な視点[2]も加えて再整理することが必要であろう．その上でマダイをはじめとして分布量の多い主要魚種の現存量，摂餌量など量的な側面の充実をはかるとともに魚類群集を支えている餌生物の生産の過程を追求する必要があろう．

要　　約

1．1975年から1980年にかけ平戸島志々伎湾において吾智網，底曳網によるネンブツダイとそれをとりまく魚類の採集，NUS ネットによる餌生物の採集および魚類の潜水観測を行いネンブツダイの摂餌生態を特にマダイ当歳魚との関係に重点をおいて調べた．

2．ネンブツダイは志々伎湾に定住している魚種のひとつで，発育の初期を除くと，昼間は岩礁域のものかげで特に積極的な行動を示さずに群らがりを作っているが，日没前後の薄暮時にマダイ当歳魚の休息している周辺の砂底域に侵入してくる．そして砂底域で夜間を過した後，日出前後の薄明時に砂底域を去り，岩礁域へもどるという日周期的小移動をくり返している．

3．志々伎湾では7月から8月にかけ尾叉長20㎜前後のネンブツダイが採捕されはじめ，9月には約30㎜，12月には50〜60㎜へと成長する．1月から3月にかけての冬季には成長は停滞するが4月以降再び成長速度は増加し，5月には約70㎜，7月には80〜90㎜に達する．1歳魚は翌年3月で約100㎜，7月で105㎜前後となる．尾叉長105㎜以上の個体の採捕量は急減する．

4．7月中旬におけるネンブツダイ1歳魚の摂餌活動は基本的には夜間に行われており，日没1時間後の20時30分頃から日出1時間前の4時30分頃の間に底表および水中に分布する Gammaridea および Mysidacea を主対象に特別な活動ピークは作らずほぼ一定の強度で行われている．

5．ネンブツダイは発育の初期には昼間に海底周辺にスワームを作っている浮遊性橈脚類を主食としているが夜行性に移行してからの主食は Gammaridea および Mysidacea である．両者以外では Pisces（主としてイワシ類，ハゼ類稚仔魚），Natantia, Ostracoda, Polychaeta, Copepoda などが捕食されており，成長につれ餌生物は大型化する傾向がみられる．

6．ネンブツダイ，イサキ，メバルなどの夜行性グループはマダイ，チダイ，ヒメジなどの昼行性のグループと Gammaridea, Mysidacea など6月から8月にかけて湾奥砂底域で生産される共通の餌資源を摂餌時間帯をずらして利用している．

文　　献

1）松宮義晴・村上　司・鈴木庸行・岡　正雄　1980：志々伎湾におけるサビハゼとスジハゼの分布および食性．西水研究報，(54)，321-330．

2）東　幹夫・畔田正格・三丸和明　1983：志々伎湾におけるマダイ若魚と共存魚種との食物をめぐる種間関係．西水研研報，(59)，101-118．

3）E. S. Hobson　1974：Feeding relationships of teleostean fishes on coral reefs in Kona, Hawaii. *Fish. Bull., U. S.*, **72**, 915-1031.

4）奥野良之助　1971：磯魚の生態．204pp., 創元社，大阪．

5）畔田正格・池本麗子・東　幹夫　1980：志々伎湾におけるマダイ当歳魚の分布と成長．西水研研報，(54)，259-278．

6）東　幹夫　1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構―ベントス．資源培養方式開発のための沿岸域における若令期タイ類補給機構に関する研究（特別研究成果シリーズ**129**），111-116，農林

水産技術会議事務局.

7) 畔田正格・池本麗子・東　幹夫　1980：志々伎湾におけるマダイ当歳魚の日周期活動. 西水研研報,(54),279-289.

8) H. Ueda, A. Kuwahara, M. Tanaka and M. Azeta 1983 : Underwater observations on copepod swarms in temperate and subtropical waters. *Mar. Ecol.* (in press)

9) Y. Suyehiro 1942 : A study on the digestive system and feeding habits of fish. *Jap. J. Zool.*, **10**, 1-303.

10) E. H. Simpson 1949 : Measurement of diversity. *Nature*, **163**, 688.

11) M. Morisita 1959 : Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser, E (Biol.)*, **3** (1), 65-80.

12) E. S. Hobson 1965 : Diurnal-nocturnal activity of some inshore fishes in the Gulf of California. *Copeia*. 1965, 291-302.

13) E. S. Hobson 1968 : Predatory behavior of some shore fishes in the Gulf of California. *U. S. Fish Wildl. Serv., Res. Rep.*, **73**, 1-92.

14) G. S. Helfman 1980 : Twilight activities and temporal structure in a freshwater fish community. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **38**, 1405-1420.

15) 橋本　惇　1977：南西諸島に於ける珊瑚礁魚類の食性について. ***KΥΑΝΟΣ ΟΙΚΟΣ*** **18**, 2-125.

16) E. S. Hobson and J. R. Chess 1976 : Trophic interactions among fishes and zooplankters near shore at Santa Catalina Island, California. *Fish. Bull., U. S.*, **74**, 567-598.

17) 松宮義晴・高橋勝宏　1983：平戸島志々伎湾におけるイサキの食性. 西水研研報,(59),23-32.

18) E. Harada 1962 : A contribution to the biology of the black rockfish, *Sebastes inermis* Cuvier et Valenciennes. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **10**, 307-361.

19) 木曾克裕　1980：平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の餌料生態—I. 成長に伴う餌料の変化とその年変動. 西水研研報,(54),291-306.

20) 木曾克裕　1981：平戸島志々伎湾におけるチダイ当歳魚個体群の摂餌生態. 西水研研報,(56),15-26.

21) 今西錦司　1949：生物社会の論理. 289pp. 毎日新聞社,東京.

22) 畔田正格　1982：日本近海生産力の有効利用と研究展望—浅海・内湾域のマダイ幼稚魚成育場における生態学的研究から. 漁業資源研究会議報,(23),26-34.

23) 首藤宏幸・池本麗子・畔田正格　1983：志々伎湾における若魚期マダイの生息場所の評価. 西水研研報,(59),71-84.

24) 西村三郎　1972：海洋における生物群集の構造・分布・維持.「海の生態学」(沼田 真監修),187-295. 築地書館,東京.

25) K. H. Mann 1978 : The total aquatic system. In "Fundamentals of aquatic ecosystems" (ed. by R. S. Barnes and K. H. Mann), 185-200, Blackwell Scientific Publications, Oxford.

志々伎湾におけるマダイ若魚と共存魚種との食物をめぐる種間関係

東　幹夫*・畔田正格・三丸和明*,**

Feeding Interrelationships between Young Red Seabream and Cohabiting Fishes in Shijiki Bay

Mikio AZUMA*, Masanori AZETA and Kazuaki MITSUMARU*,**

Demersal fishes containing the young red seabream, and their prey animals were sampled respectively with the 6 m beam trawl and with the epibenthic sledge (Nagasaki University Sledge) at 14 sampling sites in the inner part of Shijiki Bay, south-western Hirado Island, in the daytime of June 12, 1977.

The red seabream and the hairychin goby were predominant in number on the sandy bottom, especially in the periphery of eelgrass region. The stomach contents and the food selectivities of the red seabream, the cohabiting fishes such as hairychin goby, tiny stinger, and net-work filefish, were examined. The food overlaps among four fish species were found in the case of gammaridean amphipods which were very important fish food, "key industry", in the bay. Those food overlaps were seen in the eelgrass region and on the peripheral sandy bottom, in both of which main prey animals were abundant. On the other hand, in the reef and the western side of the sandy bottom where the amount of prey animals were limited, each of the species showed a considerable level of food specialization.

There was no interspecific competition for food to be considered between the red seabream and the tiny stinger or the net-work filefish, because of their different preferences of minor habitat and the other mode of life. Feeding interrelationship between the red seabream and the hairychin goby were examined with regard to the density of prey animals in the environment. The red seabream continued to prefer mainly gammarids independently of quantity, whether they cohab-

昭和58年1月5日受理
西海区水産研究所業績第407号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 407）
本報の大要は1979年3月，第26回日本生態学会大会（横浜）において発表した。
*長崎大学教育学部（Faculty of Education, Nagasaki University）
**現在，平戸市立度島小学校（Takushima Elementary School, Hirado City）

ited with the hairychin goby or not. On the other hand, the hairychin goby even preferring gammarid when separated from the red seabream, they shifted the selectivity from gammarids to mysids when the habitats overlapped.

The above mentioned cohabiting by overlaps of feeding niche between the two fish species suggests that the young red seabream are more influential in the feeding niche in early demersal stage.

はじめに

志々伎湾の湾奥砂底域には底生生活に移行したマダイ当歳魚が5月上旬から出現しはじめ，8月半ば頃までそこで若魚期をすごす．6～7月頃数量的に卓越しているマダイが，湾奥砂底域のなかでもとくにヨコエビ類の多い場所に高密度で生息し，それらを選択的に摂食することはすでに予察的に報告した[1]．またそのほかの沿岸水域でも，この種の数量的卓越性や幅の広い食性などの知見[1,5-7]にもとづいて，マダイ若魚の高い生態的優位性が論じられてきた[1-4]．しかし優位性の内容のなかで，食物をめぐる他魚種との種間関係をとりあげて分析した研究としては，わずかに瀬戸内海細の州における今林ら[2]のものがあげられるにすぎず，まだ多くの問題点が残されている．同じ biotope 内に共存する異種間のニッチ重複の条件や機構について，淡水魚ではかなりの研究蓄積があるが[8-12]，マダイはもとよりそのほかの海産魚では研究がやっと緒についたばかりの状況にある．この問題は依然として現代生態学の中心課題のひとつであるばかりでなく，種苗放流による資源培養型漁業の生態学的基礎としても極めて重要であると考えられる[1,4]．

この報告は，前報[1]をひきつぎ，底生生活に入ったマダイ若魚が魚類群集のなかでどのような食地位 feeding niche を占めているかを，他魚種との空間的位置関係から解析するとともに，主要な共存魚種との間の食物をめぐる相互関係を分析することによって，考察したものである．

研究を進める上で多大の御理解と御援助を賜った西海区水産研究所の佐藤重勝所長ならびに林知夫・上村忠夫両元所長，野外調査や室内作業に当って献身的な御協力と熱心な御討議をいただいた「マダイ特別研究志々伎グループ」のメンバーの方々，とりわけ本研究の方法論的指導に当られた最首光三前室長および伊東祐方前底魚資源部長，原稿を校閲していただき有益な御助言を賜った本城康至浅海開発部長はじめ西海区水産研究所の各位，に厚く御礼申しあげる．また卒業研究の一環として本研究を分担された長崎大学教育学部生物学教室の卒業生，中川勝・把野義博・把野（旧姓稲田）裕子・平井孝昌の諸氏，調査に御協力いただいた志々伎漁業協同組合の各位，に感謝する．

方法

底生生活期マダイの主要な分布域を含む湾奥部[1]に14定点を設け（Fig. 1），1977年6月12日の昼間に調査を行った．

魚類の採集には底曳網（ビーム長6 m，ヘッドロープ長9 m，魚取部網目3 mm，網丈2.1 m）を用い，約1ノットで5分間曳網した．魚類の食物環境を把握するため，各定点で NUS（Nagasaki Univ. Sledge の略；網口50×25cm，長さ150cm，網目0.5mm，10cm幅のアルミ製ソリ付）ネットを用いて採集した．さらに NUS ネットの背面に固定したプランクトンネット（網口50×20cm，長さ120cm，網目0.1mm）によって底層の動物プランクトンを採集した．採集物はいずれも10%中性ホルマリンで固定して研究室に持ち帰り，同定・計数および魚体測定を行った．ベントスは1mm目の篩（ふるい）に残ったものを対象に綱ないし亜目の段階で個体数・湿重量を求め，動物プランクトンは沈

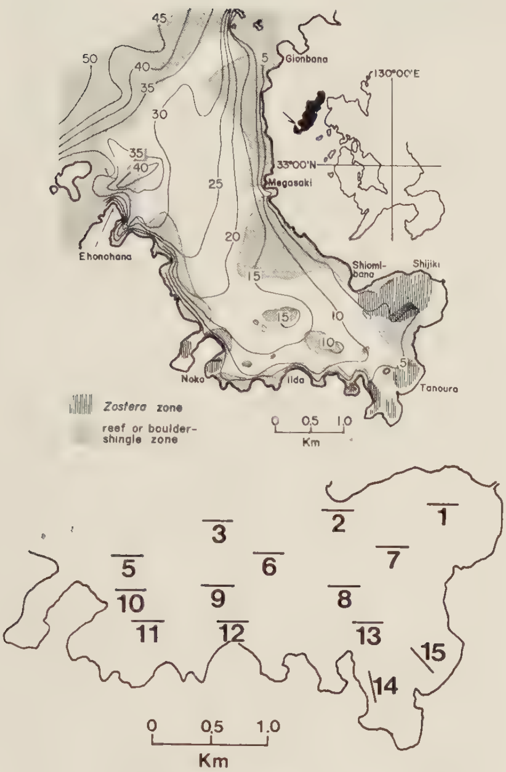


Fig. 1. 志々伎湾の位置と海底地形（上）および湾奥における調査定点（下）；数字は定点番号，線は曳網方向．
Location and general topography of Shijiki Bay (above) and sampling sites in inner part of the bay (below).

殿量を測り湿重量を推定した．

後述の理由により，マダイの他にサビハゼ・アミメハギ・ハオコゼの３魚種を選び，消化管（主として胃）内容物を検査した．各定点での処理個体数はマダイ20個体，その他10個体（採集個体がそれ以下の場合は全個体を処理）とした．無作為に抽出した処理個体の全長と体重を測定した後，次のような方法で内容物を処理した．内容物を含めた胃重量を秤量したあと小型シャーレに内容物をあけ，空胃重量を計ってその差を内容物重量とした．双眼実体顕微鏡の下で内容物を選別・同定（目程度まで）し，各分類群の個体数にその定点における平均体重（NUS ネットとプランクトンネットで採集した各分類群についての平均）を点数として乗じ，その値を全処理個体について総計し，内容物中での各分類群（i）の相対重量比（ri %）を求めた．その際，たとえば消化の進んだ多毛類などで正確な個体数が求めにくい場合や同一分類群でも個体による大きさがかなり異なるときには，胃内容物中での体積比と予め測定しておいた内容物湿重量を乗じてその分類群の重量を推定した．また，魚類・エビ類・多毛類など大形で原形をとどめている食物はその都度重量を実測した．

環境中での各食物動物 prey animals（i）の相対的な生息密度と相対重量比（pi %）は，各定点において NUS ネットとプランクトンネットによって採集されたマクロベントスと動物プランクトンの湿重量を曳網面積15m²あたりに基準化して求めた．

14定点における魚類および食物動物の採集を行った日の翌日６月13日，同じ湾奥水域に52定点を設け，小型のスミス・マッキンタイヤ型採泥器（採集面積0.05 m²）による採泥調査を実施した．堆積物試料の篩分法による粒度，ケルダール法による全窒素量，500℃５時間の強熱減量，および炭酸カルシウム含量などの分析と，１mm以上および0.5～1.0mmの２段階でのベントスの選別・同定・計数を行った．これら調査結果の詳細は別稿に準備中であるが，本報に関係の深い部分については考察の素材として用いる．

結　　果

1.　調査水域の海底環境

志々伎湾全体の堆積環境とマクロベントスの分布様式から，東・陣野[13]は同湾が湾口・湾央・湾奥の３つの major habitats としてとらえ得ること，そのなかでも転石帯・アマモ場・砂浜・磯浜などが狭い範囲に分布する湾奥は，同一堆積型に属する面積が湾口や湾央より小さくモザイク状をなすこと，ヨコエビ類を中心とした甲殻類や多毛類が豊富な水域であることを報告した．このことは，今回の52定点採泥調査によってもさらに詳細に裏づけられた．アマモ分布域および転石帯（瀬）と磯浜の分布は Fig. 1 に示されている．

堆積物の中央粒径値は $0 < Md\phi \leq 4$ の範囲にあり，Wentworth の粒度スケールによる粗砂（coarse sand）から極細砂（very fine sand）におよぶが，

Table 1. 志々伎湾湾奥14定点において底曳網で採集された魚種と個体数
List of species and numbers of specimens of fishes caught with beam trawl at 14 sampling sites in inner part of Shijiki Bay.

No.	Species Site no. MT-	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
1	*Etrumeus micropus*	•	•	•	•	•	•	31	•	23	8	4	•	•	•	66
2	*Sardinopus melanosticta*	•	•	•	•	•	•	2	•	•	•	•	•	•	•	2
3	*Engraulis japonica*	•	•	•	•	•	•	35	1	17	18	8	•	•	•	79
4	*Saurus undosquamis*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	1
5	*Plotosus anguillaris*	•	•	•	•	•	1	•	3	•	•	1	•	1	10	16
6	*Aulichthys japonicus*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	123	124
7	*Syngnathus schlegeli*	•	•	•	1	•	2	•	•	•	•	•	•	1	•	4
8	*Trachurus japonicus*	•	•	•	•	•	•	•	•	3	•	1	•	•	•	4
9	*Leiognathus rivulatus*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	1
10	*Upeneus bensasi*	•	•	•	•	•	•	4	•	1	•	1	•	•	•	6
11	*Apogon lineatus*	•	•	2	•	•	•	2	•	2	•	•	•	•	•	6
12	*A. semilineatus*	•	•	•	•	•	•	•	6	•	•	•	•	•	•	6
13	*Epinephelus septemfasciatus*	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
14	***Pagrus major***	5	19	9	•	76	10	133	7	37	36	66	2	•	•	400
15	*Neopercis sexfasciata*	•	•	•	•	1	•	2	•	2	1	•	•	•	•	6
16	*Calliurichthys japonicus*	•	•	1	•	•	•	•	•	•	2	•	•	•	•	3
17	*C. doryssus*	1	•	12	•	6	•	2	•	•	•	2	•	•	•	23
18	*Callionymus richardsoni*	•	•	•	•	2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
19	*C. flagris*	•	•	•	•	•	•	11	•	•	•	•	•	•	•	11
20	*C. virgis*	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
21	*C. beniteguri*	•	2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
22	*Enedrias nebulosus*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	4	5
23	*Rhinogobius pflaumi*	2	•	•	•	1	4	14	•	•	•	•	2	•	1	24
24	*R. gymnauchen*	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
25	*Pterogobius elapoides*	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2	•	•	6	9
26	*P. zacalles*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3	•	•	•	3
27	*Chaenogobius heptacanthus*	2	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	1	2	6
28	*Chasmichthys dolichognathus*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2	8	10
29	*Chaeturichthys sciistius*	•	•	•	•	•	•	43	•	•	5	•	•	•	•	48
30	***Sagamia genionema***	•	134	•	•	34	4	33	4	1	•	195	7	1	3	416
31	*Ditrema temmincki*	•	•	•	•	•	21	•	•	•	•	•	•	•	•	21
32	*D. viridis*	16	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6	11	33
33	*Duymaeria flagellifera*	•	•	•	•	•	•	•	16	•	•	•	•	•	•	16
34	*Pseudolabrus japonicus*	•	•	•	1	•	•	•	36	•	•	•	•	1	•	38
35	*P. gracilis*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	1
36	*Halichoeres tenuispinnis*	•	•	•	•	•	•	•	16	•	•	•	•	•	1	17
37	*H. poecilopterus*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
38	***Rudarius ercodes***	32	1	•	1	•	24	•	1	•	•	•	•	1	2	63
39	*Ostracion tuberculatus*	•	•	•	•	•	•	•	3	•	•	•	•	2	•	3
40	*Fugu poecilonotus*	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	1
41	*F. pardalis*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6	42	48
42	*Sebastes inermis*	4	•	•	•	•	1	•	1	•	•	•	•	•	4	10
43	*S. hubbsi*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	1
44	*Sebastiscus marmoratus*	•	•	•	•	•	•	2	24	•	•	•	1	•	•	27
45	***Hypodytes rubripinnis***	2	•	•	10	•	•	13	•	•	1	•	1	1	•	28
46	*Aploactis aspera*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	1
47	*Onigocia spinosa*	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	2	•	•	•	3
48	*Inegocia japonica*	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	1	•	•	2
49	*Pseudoblennius percoides*	•	•	•	•	•	1	1	•	•	•	•	•	•	•	2
50	*P. cottoides*	4	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	2	5	12
51	*Lepidotrigla* sp.	•	•	3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3
52	*Paralichthys olivaceus*	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
53	*Pseudorhombus pentophthalmus*	•	•	•	•	•	•	2	•	2	•	•	•	•	•	4
54	*Engyprosopon grandisquama*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	1
55	*Pleuronichthys cornutus*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	1
56	*Limanda yokohamae*	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	1
57	*Areliscus interruptus*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	1
	Total specimens	69	157	28	14	122	72	133	118	88	76	288	14	26	223	1626

湾奥の基盤をなすのは極細砂で，粗砂域や中砂域は岸寄りに散在する．

2．魚類の分布様式

湾奥14定点において底曳網で採集された魚類は57種，1626個体であった（Table 1）．このうちマダイ当歳魚は400個体（全体の24.6%）でサビハゼ（416個体，25.5%）に次ぐ出現順位を示している．3位のクダヤガラ（124個体，7.6%）は MT-15のアマモ場に集中的に出現しており，また4，5位を占めるカタクチイワシ（79個体，4.8%），ウルメイワシ（66個体，4.0%）もいわゆる浮魚に属しているので，これら3魚種はマダイとは別の魚類群集に含まれるものとしてとりあえず考察対象から除いた．そこで，比較的多くの定点から出現しており，また今林ら[2]の知見とも比較できる6位のアミメハギ（63個体，3.9%）と10位のハオコゼ（28個体，1.7%）をサビハゼとともに詳しくみていくことにする．マダイ・サビハゼ・アミメハギ・ハオコゼの4種で全体の56%を占める．大部分の魚類の出現比率は1%以下で，1個体だけ採集された魚は15種にも達する．他方，同属種の組み合わせは *Apogon*・*Calliurichthys*・*Rhinogobius*・*Pterogobius*・*Ditrema*・*Pseudolabrus*・*Halichoeres*・*Fugu*・*Sebastes*・*Pseudoblennius* それぞれ2種のほか，*Callionymus* 4種の11属24種にのぼる．志々伎湾内で近縁種がそれぞれ分布の中心をずらせている場合の多いことは中坊[14]によって指摘されているが，湾奥水域でも同属の各種が別々の定点で採集されるケースが多く認められた．このことは，この水域の環境構造の多様性[13]を反映しているものと考えられる．

Fig. 2a は，各定点におけるマダイの個体数と出現比率を示したものである．1977年志々伎湾でのマダイ研究が始まった1975年から本年82年までの8年間のうちマダイ資源量が最高値を記録した年にあたっており，湾内での分布域も最も拡大していた[1]．しかし，マダイは湾奥西部の湾中央寄りの定点 MT-5 と，アマモ場* の MT-14，15の3定点からは採集されていない．一方，湾奥中央の MT-8 や MT-6 などの砂底域では分布密度も出現比率も高くなっている．

Fig. 2b は，各定点で採集された全魚種の総個体数とそのなかで占めるサビハゼ・アミメハギ・ハオコゼの出現比率を表わしたものである．サビハゼは10定点に出現し8定点でマダイと重複している．湾奥中央に近い MT-2，4，6，8などの砂底域に採集個体数の約95%が分布するほか，アマモ場からも少数ながら

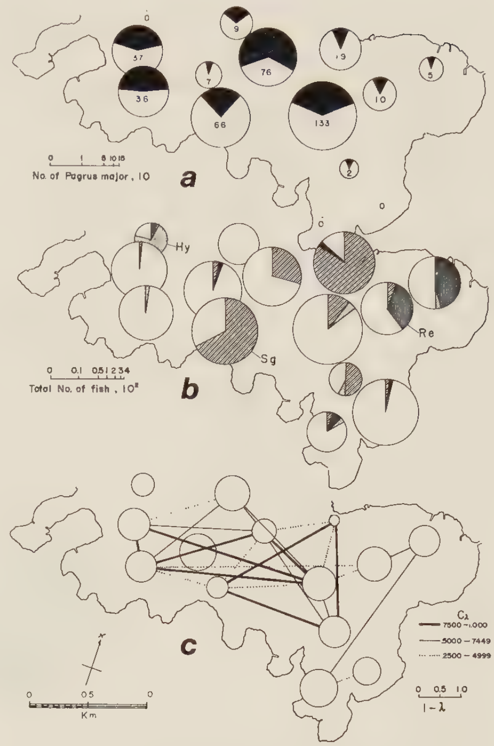


Fig. 2. a. マダイの出現状況；円の大きさとその中の数値は底曳網による標本数を，黒の扇形は出現比率を示す．
b. 調査定点別のサビハゼ（*Sg*）・ハオコゼ（*Hy*）およびアミメハギ（*Re*）の出現比率；円の大きさは魚類の総採集個体数を示す．
c. 各調査定点における魚類群集の多様性指数と定点間の群集類似指数；多様性指数は円の大きさで，群集類似指数は線の太さで示す．

Fig. 2. a. Occurrence of red seabream. Circle size and number in each circle show numbers of specimens caught with beam trawl. Black part of circle indicates percentage occurrence of the fish.
b. Percentage occurrence of hairychin goby (*Sg*), tiny stinger (*Hy*) and net work filefish (*Re*) in each sampling site. Circle size shows the total catch of fishes per haul.
c. Diversity index of fish community in each sampling site, and interrelation among the sampling sites based on the index of similarity between fish communities.

＊ アマモ分布域のなかでも密生したアマモ群落がみられる場所

出現している．アメメハギは湾奥浅所に近いアマモ分布域の MT-1，7 で全体の89%が採集されており，むしろアマモ場では少なくなっている．出現した7定点のうち4定点でマダイと重複しており，アマモ分布域ではマダイの密度を大きく上回っている．ハオコゼはマダイが最高密度を示した MT-8 と，マダイのいない MT-5 の2定点で全採集数の82%が採集され，残り4定点では2個体以下の低密度である．

つぎに魚類群集における各定点の種の多様性と定点間の類似性を検討する（Fig. 2c）．多様性は SIMPSON[15] の単純度指数 λ を1から減じて求めた*．3種のうち2種が1個体からなる MT-2 や5種のうち4種がいずれも1個体にすぎない MT-5 など外側に位置する定点では全般に種数が少なく多様性も低い．MT-13 を除いてアマモ場を含めた奥部諸定点では MT-8 の17種を筆頭に種数が多く，多様性も高い．MORISITA[16] の群集類似指数（Cλ）を用いて類似性の高い定点を類似度に応じた3段階の太さの線で結ぶと，Fig. 2c のように，MT-2，12，13の三角形と，MT-8， 6， 3，10，11の五角形でつながる最も類似性の高い2つの定点群のほかに，Cλ の値はやや低下するがアマモ分布域の4定点が区別できる．湾央に近い MT-5 と転石帯を中心にした MT-9 はどの定点とも類似性が乏しく，むしろ独立した群集をなしているものと考えられる．マダイは五角形の定点群に最も多く分布するほか，三角形の定点群のなかでは MT-12に多く，アマモ場に近い奥部には比較的少ない．サビハゼは三角形の定点群のうち MT-12と MT-2 に集中し，そこで全体の79%を占めている．

つぎに類似性の高い定点群がどんな魚種からなる群集なのか，さらにマダイが具体的にどんな魚種と群集を形成しているのかを検討するため，MORISITA[16] の分布重複度指数（index of interspecific overlapping, Cδ）と分布相関指数（index of interspecific correlation, Rδ）を組み合わせて用いた．マダイを含む上記4種の他に出現個体数の比較的多い13種を加えて求めた両指数のマトリックスを組み合わせ Fig. 3 を描いた．

この図から明らかなように，分布が重なり（Cδ が高い），ともずみ的（Rδ が1に近い）である3つのグループが区別できる．マダイ（Pm）はサビハゼ（Sg）・ハオコゼ（Hy）とともに，コモチジャコ（Cs）・ハタタテヌメリ（Cf）・スジハゼ（Rp）と高い分布の重複とかなり高いともずみ的関係を示す．しかしサビハゼそのものはマダイ以外の魚とは重複せず，分布相関指数も0に近いかもしくはややすみわけ的ですらある．ともあれ，マダイの所属する魚類群集は，これら砂底域を生息場所とする魚種から構成されている．もうひとつの典型的な魚類群集は，オハグロベラ（Df）・ササノハベラ（Pj）・ホンベラ（Ht）などのベラ科魚類にカサゴ（Sm）を加えた転石帯の群集で，MT-9を中心にして形成されている．3つめは，ゴンズイ（Pa）・クダヤガラ（Aj）・ヒガンフグ（Fp）・アサヒアナハゼ（Pc）などからなるいわゆるアマモ場群集である．アミメハギ（Re）は，かなり高い分布重複度を示すアサヒアナハゼを通じて（さらにウミタナゴ（Dt）はアミメハギを介して）アマモ場群集に包摂されている．

以上の分析から，志々伎湾湾奥部には砂底域，転石帯（瀬）およびアマモ分布域という3つの biotope にそれぞれ特徴ある魚類群集が形成されており，マダイ若魚は湾奥のなかで最も広い範囲を占める砂底域の群集に属しており，サビハゼとともに数量的優位性の高い魚種といえる．

3．食物動物の分布様式

採泥器によるマクロベントス（1㎜以上）の等生息密度線を Fig. 4 に示す．ヨコエビ類は潮見鼻と飯田鼻を結ぶ線の東側，湾奥のなかでもさらに奥まった部分において高い生息密度（1㎡あたり2,000個体以上）を示し，とくに中央部付近などに高密度域（1㎡あたり6,000個体以上）が形成されている．クモヒトデ類は飯田鼻の沖合と中央部の志々伎寄りに高密度域がみられるが岸寄りにはほとんど分布しない．一方多毛類はクモヒトデ類を避けるように湾奥中央に少なくアマモ場と湾奥西側に高密度で分布する．なお，これら3分類群の0.5〜1.0㎜サイズの分布様式もマクロベントスのそれと基本的に一致する*．以上のように，湾奥におけるベントスの分布様式は決して均一ではなく場の多様性が強く反映している（前述）．

---

* 総個体数を N, 種 i の個体数を ni とすると多様性指数は $1-\lambda=1-\Sigma ni(ni-1)/N(N-1)$ となる．

* 東 幹夫・平井孝昌の未発表データによる．

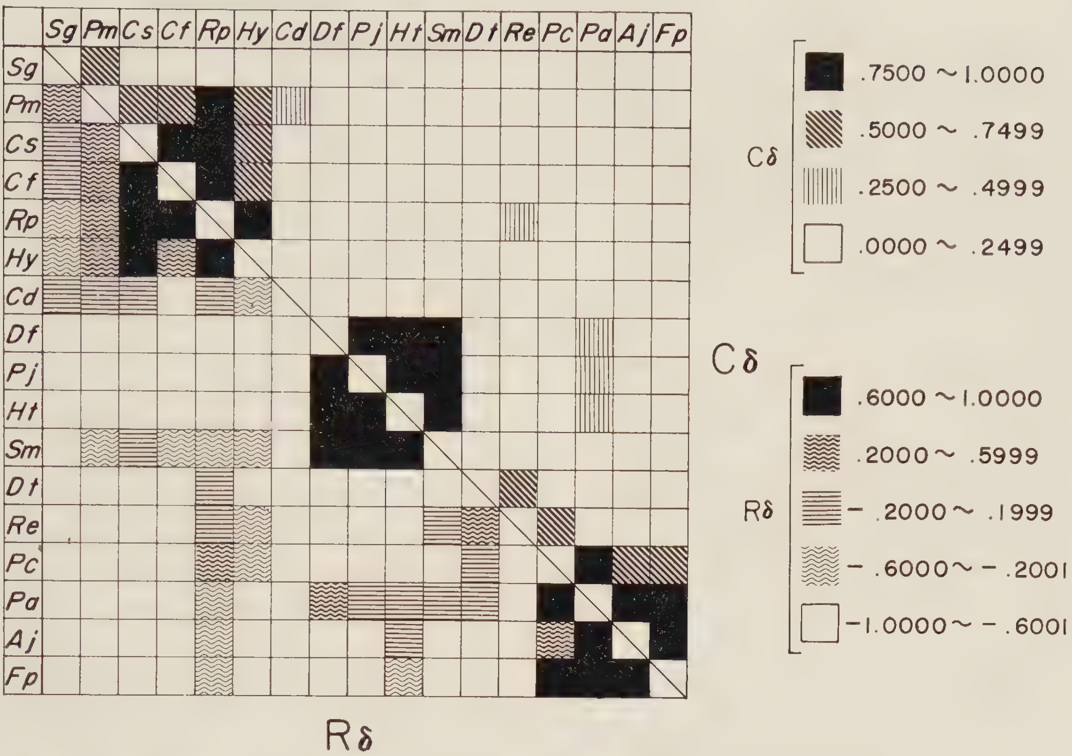


Fig. 3. 志々伎湾湾奥部における主要魚種による分布重複度指数（Cδ）および分布相関指数（Rδ）のマトリックス；*Sg*：サビハゼ，*Pm*：マダイ，*Cs*：コモチジャコ，*Cf*：ハタタテヌメリ，*Rp*：スジハゼ，*Hy*：ハオコゼ，*Cd*：ヤリヌメリ，*Df*：オハグロベラ，*Pj*：ササノハベラ，*Ht*：ホンベラ，*Sm*：カサゴ，*Dt*：ウミタナゴ，*Re*：アミメハギ，*Pc*：アサヒアナハゼ，*Pa*：ゴンズイ，*Aj*：クダヤガラ，*Fp*：ヒガンフグ

Matrix showing both Morisita's indices of the interspecific overlapping (Cδ) and interspecific correlation (Rδ) of major fish species in inner part of Shijiki Bay. *Sg: Sagamia genionema, Pm: Pagrus major, Cs: Chaeturichthys sciistius, Cf: Callionymus flagris, Rp: Rhinogobius pflaumi, Hy: Hypodytes rubripinnis', Cd: Calliurichthys doryssus, Df: Duymaeria flagellifera, Pj: Pseudo-labrus japonicus, Ht: Halichoeres tenuispinnis, Sm: Sebastiscus marmoratus, Dt: Ditrema temmincki, Re: Rudarius ercodes, Pc: Pseudoblennius cottoides, Pa: Plotosus anguillaris, Aj: Aulichthys japonicus, Fp: Fugu pardalis.*

つぎに魚類を採集した14定点での NUS ネットとプランクトンネットによるベントスおよび底層プランクトンの現存量と種類組成を Fig. 5 に示す（Suppl. Table にも表示）．この採集用具では底層に分布する動物プランクトンやアミ類などの planktobenthos が採集できるばかりでなく，底表付近にすむ埋（内）在性のベントスも同時に採集できるので，魚類の食物環境を表現するうえで都合がよい．この図ではベントスを表在性と埋在性に分けて表わす．

図から明らかなように，ベントス現存量は湾奥西側（MT-5，9，10，11，12）で低く，アマモ分布域（MT-1，7）とそれに近接した砂底域（MT-2，8）で高い値を示す．ヨコエビ類・多毛類の出現比率は定点によってそれほど大きく変らないが，アミ類・二枚貝類・クモヒトデ類の比率は大きく変動する．すなわちアミ類は，湾央寄り（MT-2，3，5）と西側（MT-12）で40％以上を占めるが湾奥の奥部（MT-1，7，8，13）では小さな比率しか示さない．また二枚貝類の比率は，アマモ場とその周辺域で著しく低いが湾奥中央から西側に向って比率が増加する．さらにクモヒトデ類は，湾奥中央において高い比率を示し，採泥器による結果と一致している．魚類にとっては useless animals[17] であるコケムシ類の出現比率の高い定点はアマモ分布域と完全に一致する．魚類の主要な食物動物

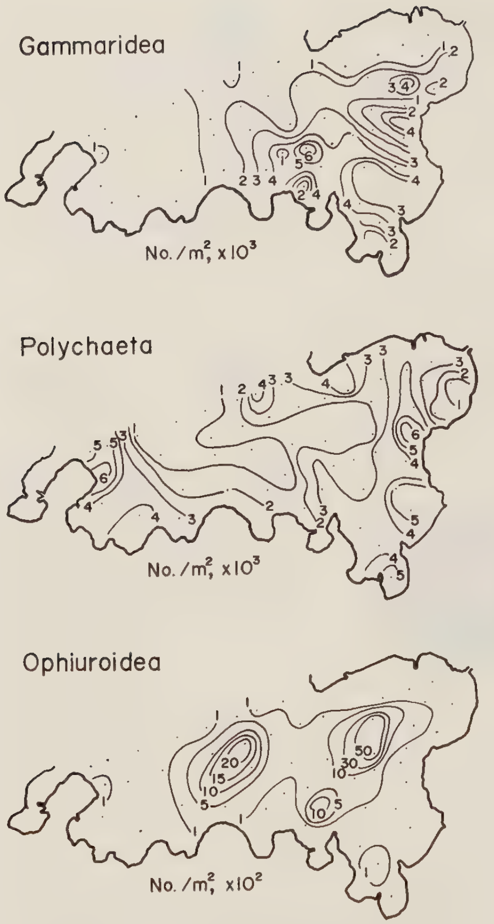


Fig. 4. 1977年6月13日志々伎湾湾奥52定点で小型スミス・マッキンタイヤ型採泥器で採集されたヨコエビ類・多毛類・クモヒトデ類の等生息密度線（個体数/m²）
Isopleth of abundance (no. per m²) of gammaridean amphipods, polychaetes and ophiuroides collected by a small type SMITH-MCINTYRE grab at 52 stations in inner part of Shijiki Bay, in June 13, 1977.

となっている（後述）ヨコエビ類の分布密度は，湾奥中央およびその周辺砂底域で高く，西側諸定点や転石帯（MT-9）では低い．とくに *Byblis japonicus* を筆頭に *Amperisca bocki, A. brevicornis* を含めた *Amperiscidae*（スガメソコエビ科）が全体の53%を占め，ほぼ湾奥全体に分布する（東・把野・把野，未発表）．

4. 魚類4種の摂食性と食物選択性

1） 胃内容物組成の定点によるちがい

発育の進展に伴う食性の変化は多くの魚種で明らかにされており，たとえば志々伎湾のマダイについても木曾[5,6] の研究がある．生息場所による食性の違いをみる前に，発育の状況を吟味しておく必要があるが，今回主対象とした4種は，結論的に言って，それぞれがすべて同一年級群に属することはもとより，全長範囲が狭いうえ定点による出現サイズの偏りはほとんど認められない．胃内容物を分析した4種の全長範囲・胃内容物重量比（*ri*）を，マダイでは肥満度・胃充満度の平均値もそえて，Table 2 に示す．

マダイの主な食物動物は橈脚類・ヨコエビ類・アミ類であるが，橈脚類はそのほとんどが浮遊性の Calanoida* で，定点によって部分的に（0.1〜2.6%）底生性の Harpacticoida が利用されているにすぎない．志々伎湾のマダイは発育に伴って橈脚類→ヨコエビ類→アミ類→エビ類など大型甲殻類・クモヒトデ類へと食物を変へていくことが知られている[5] が，これは胃内で高い比率を占める食物動物の消長を示すいわば食物スペクトルとでも呼ぶべきもので，食性幅の広いマダイの場合同一個体がこれらの種類やそれ以外の食物動物を同時に摂っていることが多く観察される．このような食物の漸次的変化は，食性がドラスティックに変る「食性転換」と区別して，「食性移行」と呼ぶほうが誤解を生む心配がなくなるであろう．ところで表からもわかるように，上記3種類の食物動物の割合は定点によって大きく変動していることが読みとれる．ヨコエビ類やアミ類の *ri* が低下し橈脚類の *ri* が極めて高い定点（たとえば MT-10，11，12）においても，全長範囲が橈脚類食の小さいサイズに偏っているわけではなく，またそのために肥満度が低くなっているわけでもない．このことは，各定点でのそれぞれの個体群が発育段階の異なった魚から構成されているのではなく，むしろ各定点における食物環境などの違いを反映した現像であることを示唆している．

サビハゼの場合も，魚体の大きさがよくそろっている．主要な食物動物はヨコエビ類とアミ類であり，大部分の定点で後者の *ri* のほうが高いが，2定点（MT-13，15）ではこの関係が逆転している．さらに

* *Acartia steueri* (卌), *A. clausi* (r) および両者の未成体が大部分を占める．

Table 2. マダイ・サビハゼ・ハオコゼおよびアミメハギの定点別胃内容物組成
Stomach contents (r_i) of red seabream, hairychin goby, tiny stinger and net work filefish in each sampling site.

Pagrus major (Stn)	MT-1	MT-2	MT-3	MT-6	MT-7	MT-8	MT-9	MT-10	MT-11	MT-12	MT-13
No. of Fish examined	5	19	9	20	10	20	7	20	20	20	2
Range of T. L min.	28.3	17.1	19.9	20.7	16.7	22.3	23.1	20.5	18.6	14.2	24.9
max.	32.6	33.0	29.0	34.6	34.9	37.3	33.0	34.9	35.2	35.0	32.1
Condition Factor	1.50	1.39	1.34	1.47	1.41	1.54	1.41	1.56	1.40	1.39	1.50
Fullness	56.1	45.9	48.5	51.1	36.4	53.3	58.3	60.5	62.5	66.6	70.9
(r_i)											
Polychaeta	—	3.3	0.5	—	—	0.4	1.7	0.5	0.3	0.7	1.4
Bivalvia	·		—			—	—	—	—	0.1	—
Ostracoda	·	—	—	—	0.3	0.2	—	0.4	*tr*	—	0.7
Copepoda	38.1	15.2	63.4	11.2	68.6	12.9	35.1	83.8	96.7	83.5	74.5
Mysidacea	23.8	27.1	10.7	41.9	4.3	7.0	15.4	5.7	0.3	7.1	0.7
Cumacea	—	—	1.0	3.4	0.5	—	—	0.3	0.2	0.2	—
Tanaidacea			—	—	—	0.4	—	—	—		-
Anthuridea	—	2.6	—	—	0.3	—	—	—	—	·	—
Gammaridea	38.1	51.0	23.9	43.6	26.1	78.8	44.4	9.1	2.2	8.2	22.1
Caprellidea	—	0.7	—	—	—	—	—	—	0.2	0.1	0.7
Natantia	—	–				0.2	—	0.1	0.1	—	—

Sagamia genionema	MT-2	MT-6	MT-7	MT-8	MT-9	MT-10	MT-12	MT-13	MT-14	MT-15
No. of Fish examined	10	10	1	10	4	1	10	7	1	3
Range of T. L. min.	48.5	36.0	40.0	42.5	35.0	39.0	44.0	35.0	39.0	38.0
max.	51.0	45.5		49.0	41.0		45.6	42.0		54.0
No. of empty stomach	1	4	0	1	0	0	0	0	0	2
(r_i)										
Copepoda	—	—	—	—	—	—	0.1	11.1	100.0	—
Mysidacea	94.5	97.2	93.0	89.0	77.6	100.0	83.6	—	—	
Cumacea	—	1.4	—	—	—	—	4.1	—	—	-
Anthuriidea	-	—	—	—	—		2.5	–	—	–
Flabellifera	—	1.5			–	—	—	—		—
Gammaridea	3.5	—	27.0	11.0	22.4	—	9.7	88.9	—	100.0

Hypodytes rubripinnis	MT-1	MT-5	MT-8	MT-11	MT-13	MT-14
No. of Fish examined	2	10	10	1	1	1
Range of T. L. min.	25.0	36.0	39.0	36.0	41.0	?
max.	36.0	47.0	46.2			
No. of empty stomach	0	2	3	1	0	1
(r_i)						
Polychaeta	—	6.1	—	—		—
Mysidacea	—	16.4	56.3	—	—	—
Flabellifera	—	43.7		—	—	—
Gammaridea	100.0	11.0	43.7		100.0	
Natantia	—	19.9	—	—	—	—

Rudarius ercodes	MT-1	MT-2	MT-5	MT-7	MT-9	MT-14	MT 15
No. of Fish examined	10	1	1	10	1	2	2
Range of T. L. min.	47.8	56.0	45.0	46.5	55.0	50.0	52.0
max.	51.7			51.0		53.0	54.0
No. of empty stomach	0	0	0	0	0	0	0
(r_i)							
Polychaeta	1.8	—	19.0	2.0	—	—	–
Gastropoda		···	·	22.7	65.9	—	
Bivalvia	1.1	—	52.8	28.9	—	—	–
Ostracoda	10.9	—	—	18.6	—	9.1	0.9
Copepoda	0.3	—	—	0.1	*tr*	0.1	3.9
Mysidacea	—	—		2.6	—	4.9	19.9
Cumacea	10.6	—	4.9	0.1		—	
Tanaidacea	2.6	—	—	1.7	—	—	—
Authuriidea	0.7	4.3	—	—	—	—	1.1
Flabellifera		--		-	19.6	—	—
Gammaridea	18.5	89.8	23.3	23.0	5.0	49.0	49.6
Caprellidea	1.4	—	—	—	9.5	—	0.9
Natantia	27.7	—	—		—	—	—
Ophiuroidea	—	5.9	—	0.1	–		
fish egg	23.3	—	—	—	—	36.9	—



Fig. 5. NUSネットとプランクトンネットで採集された主要食物動物の定点別出現状況；円の大きさは15 m²あたり湿重量による現存量を示す．上図は表在性動物相（My：アミ類，Ga：ヨコエビ類，Co：橈脚類），下図は内在性動物相（Bi：二枚貝類，Po：多毛類，Sn：巻貝，Op：クモヒトデ類）を示す．

Percentaga occurrence of main prey animals collected with NUS net and plankton net fixed on it in each sampling site. Circle size shows biomass in wet weight per 15m². Epifauna; My: Mysidacea, Ga: Gammaridea, Co: Copepoda. Infauna; Bi: Bivalvia, Po: Polychaeta, Sn:snail, Op: Ophiuroidea.

1個体しか採集されなかった MT-14 では浮遊性橈脚類のみが摂食されているが，この場合も，このサビハゼが橈脚類食段階にある小型個体というわけではない．

MT-5，8 の2定点以外では採集個体数の少ない**ハオコゼ**は，マダイのいない MT-5 ではウミセミ類・小型エビ類など5種類の食物動物を摂っているが，マダイが最高密度を示し他の魚の種数・個体数も最も多い MT-8 ではヨコエビ類とアミ類に食物を限定しているのが注目をひく．

アマモ場群集に含まれる（前述）**アミメハギ**は，空胃個体が少なく，全般的に食性幅が広いことがまず目につく．ri でみる限り主要食物動物を特定できないが，全定点でヨコエビ類が摂られており，さらに小型二枚貝（サイホンのみでなく殻ごと）や小型巻貝がかなり高い比率で食われている．橈脚類の ri は低いが，そのなかでは浮遊性 Calanoida と底生性 Harpacticoida が相半ばして食われている．

以上4種の胃内容物を概観して気付くことは，すでにふれたように，定点ないし定点群による各魚種の食性の変動である．このことから，食物動物の量や組成，魚類群集のなかでの種間関係のあり方などの場所によるちがいが，各魚種の食性に影響を与えていることが予想されるのである．

2）食物選択性の定点によるちがい

そこでまず各定点における各食物動物の環境中での出現率（Pi）と胃内容物中での出現比率（ri）から求めた食物選択性指数（Ei）[18] を手がかりにしてこの問題を検討してみよう．上記の主要食物動物のうちアミ類・ヨコエビ類・橈脚類および多毛類をとりあげ，Fig. 6 に4魚種の Ei を定点別に図示した．

マダイは，出現した全定点でヨコエビ類に対する正の選択性を示し，また MT-11 を除くすべての定点でアミ類を選好している．すなわち，マダイは環境中での食物動物全体の現存量や主要食物動物の出現比率の変化にかかわりなく，ヨコエビ類やアミ類を選択的に摂食する傾向が強い．ところが橈脚類に対しては，湾奥中央から奥部の諸定点では負の選択性，つまり"忌避"傾向を示し，湾奥周辺の諸定点では大なり小なり選択的に摂食している．これらの定点で ri も高いことは前述した．多毛類に対する ri は全般に低く（前述），Ei も明瞭な傾向を示さないが，MT-2 を除けば湾奥の奥部で忌避し，それ以外の諸定点ではある程度選択していると言える．

サビハゼの主要食物動物はアミ類であり（前述），アマモ場を除く全定点でそれに正の選択性を示す．ヨコエビ類に対しては正と負の選択性を示す定点が相半ばする．橈脚類に対してはアマモ場の MT-14 とその沖の MT-13 の2定点で選択している．

アミメハギと**ハオコゼ**は，出現したほとんどすべての定点でヨコエビ類を選択的に摂っており，一部の定点でアミ類（MT-15 のアミメハギ，MT-8 のハオコゼ）と多毛類（MT-5 の両魚種）を選択している．橈脚類に対しては両種とも強い忌避傾向を示す（ハオ

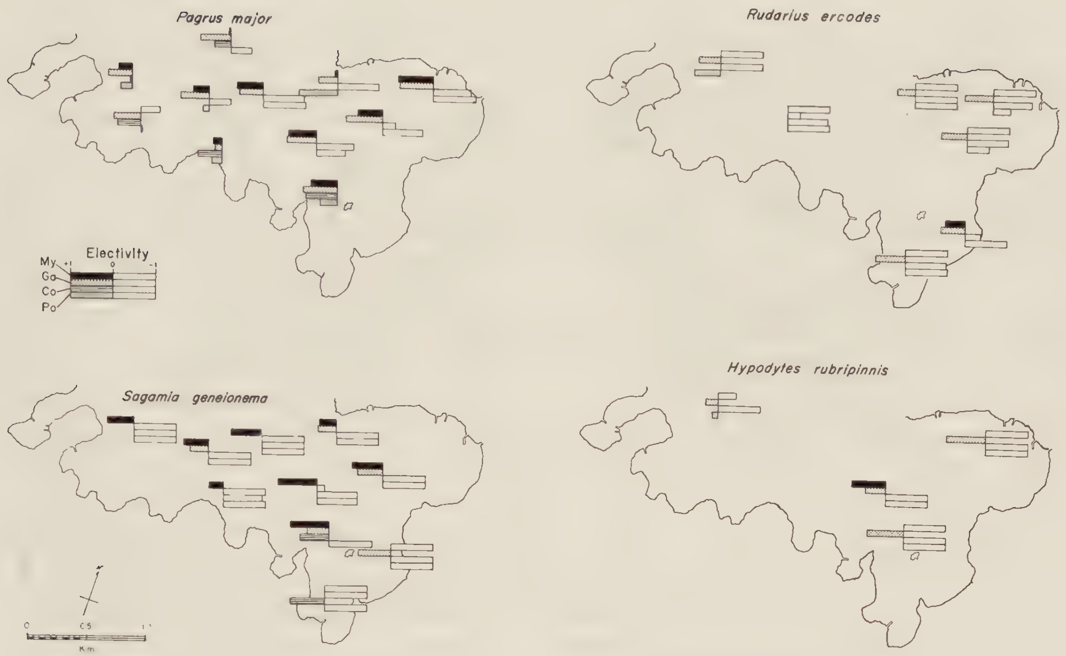


Fig. 6. マダイ・サビハゼ（左）およびアミメハギ・ハオコゼ（右）の主要食物動物，アミ類（My）・ヨコエビ類（Ga）・橈脚類（Co）・多毛類（Po）に対する食物選択性指数の定点による変化.
Changes in Ivlev's electivity values of red seabream, hairychin goby (left) and net-work filefish, tiny stinger (right) for main prey animals at sampling sites. Ga: Gammaridea, My: Mysidacea, Co: Copepoda, Po: Polychaeta.

コゼの food items のなかには橈脚類はなく，アミメハギの *ri* もごく小さい）.

以上の4魚種は，いずれもヨコエビ類を摂食しているばかりでなく，サビハゼ以外は多くの定点でそれに強い正の選択性を示した．またサビハゼの場合でも半数の定点ではヨコエビ類を選択的に摂食している．その意味でもヨコエビ類はこの湾の key industry[19] といえる．ところでヨコエビ類をはじめとしたこれら食物動物の利用のされ方，すなわち魚の側からみれば摂食性と選択性は，さきにもふれたように，定点によって異なった現われ方をしており，それが湾奥における場の諸条件（環境構造や群集構造）のちがいと結びついて現われている可能性が考えられる.

3）　4つの地域群集における摂食性と選択性の比較

魚類分布の分析から，湾奥が砂底域とアマモ分布域および転石帯の3つの biotope に分けられることは前述した．さらに食物動物の分布様式や魚類の摂食性や選択性の地域性から考えると，砂底域をアマモ分布域の外側（周辺）の定点群と西側の定点群に分けることが可能である．そこで，湾奥水域をつぎの4地域に区分する：アマモ分布域（MT-1，7，14，15）・転石帯（MT-9）・アマモ分布域周辺砂底域（MT-2，3，6，8，12，13；以下周辺砂底域と略称）・西側砂底域（MT-5，10，11）.

湾奥14定点をこのようにグルーピングしたうえで，あらためて4魚種の胃内容物重量比（*ri*）と食物選択性指数（E*i*）に基づく食物関係を図示すると Fig. 7 のようになる．*ri* による関係図はふつうの食物連鎖図とかわからないが，これを区別するため E*i* による関係図を食物選択連鎖（food preference chain）図と呼ぶことにする．この図では各地域の1曳網あたりの魚類の平均個体数および食物動物の平均現存量が示されている.

図から明らかなように，それぞれの地域によって食物関係がかなり大きく異なっている．まず**マダイ**は，生息密度の低いアマモ分布域（1網当り平均3.8個体）

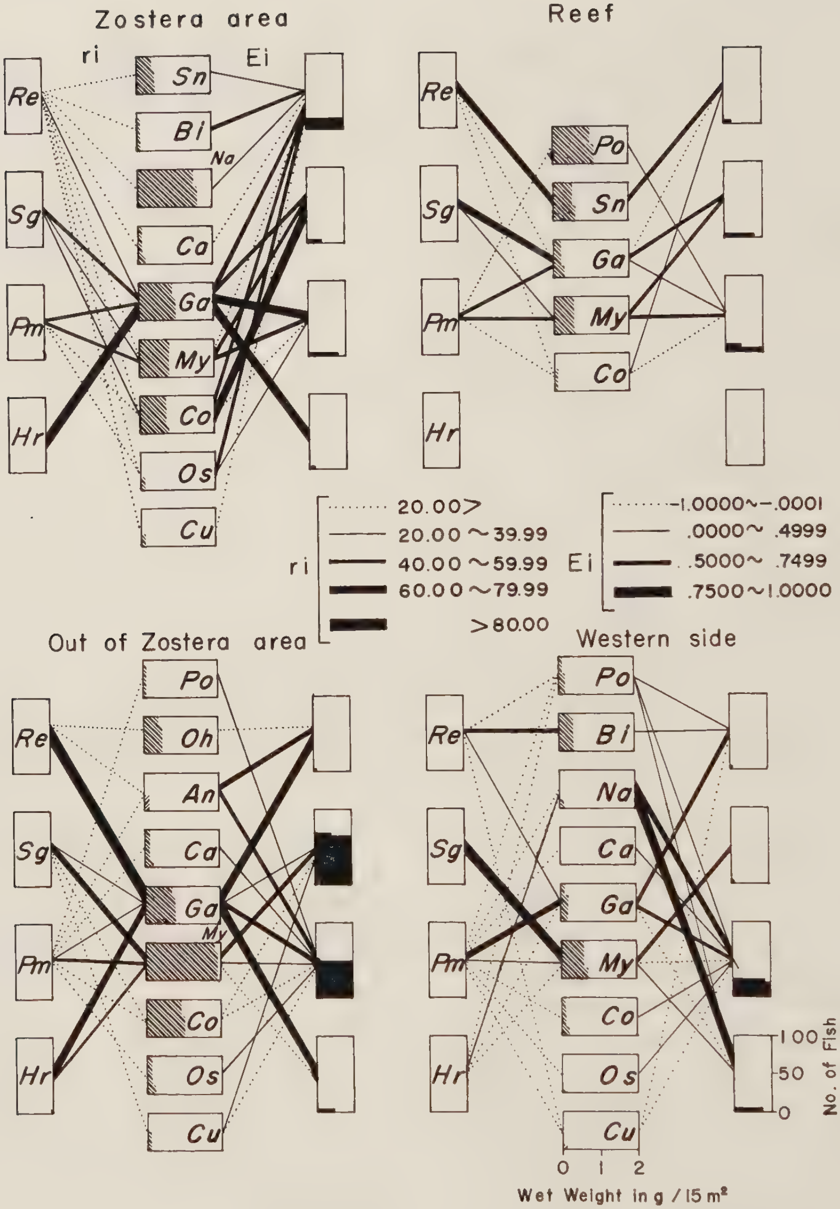


Fig. 7. 湾奥4バイオトープ，におけるマダイ・サビハゼ・アミメハギ・ハオコゼ4魚種の胃内容物重量比（ri）による食物連鎖と食物選択性指数（Ei）にもとづく食物選択連鎖；各バイオトープと定点はアマモ分布域（MT-1,7,14,15）・マモア分布域周辺（MT-2,3,6,8,12,13）・転石帯（MT-9）・西側（MT-5,10,11）で中央の箱の斜線部分と右側の箱の黒い部分はそれぞれ各バイオトープにおける食物動物の平均現存量と魚類の平均採集個体数を表わす．
Food chains based on stomach contents (r_i) and food preference chains showing electivity values (E_i) of four fishes, red seabream, hairychin goby, net-work filefish and tiny stinger in four biotopes, Zostera area (MT-1,7,14,15), out of Zostera area (MT-2,3,6,8,12,13), reef (MT-9) and western side (MT-5,10,11). Hatch parts in middle boxes indicate the mean biomass of prey animals, and black part in right boxes the mean catches of fishes, in each biotope.

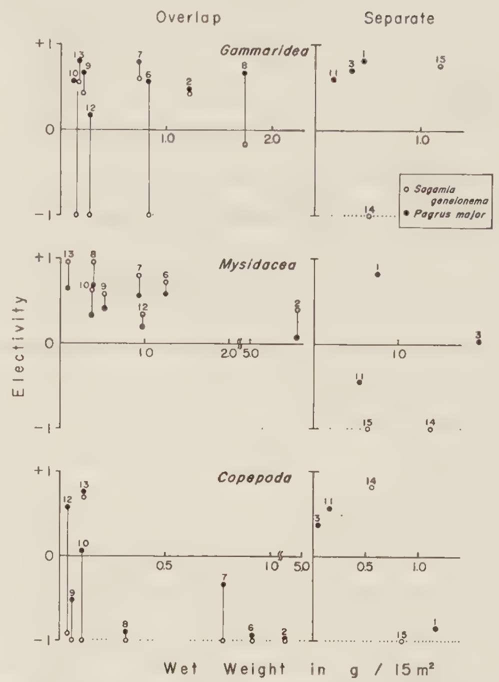


Fig. 8. マダイとサビハゼの分布が重複する場合（左）と分離する場合（右）における，ヨコエビ類・アミ類・橈脚類の密度による食物選択性指数の変化；図中の添数字は調査定点を示す．
Scatter diagrams showing electivity values of red seabream and hairychin goby plotted against the biomass of gammarids (top), mysids (middle) and copepods (bottom), in both cases of overlapping and separating of habitats of two fish species. Numbers show sampling sites.

・転石帯（同7.0個体）を含めたいずれの地域でもヨコエビ類とアミ類を集中的に食い，強く選択しているが生息密度の高い周辺砂底域（50.8個体）とそれに次ぐ西側砂底域（24.3個体）では著しい広食性 Polyphagy を示す．

サビハゼはマダイの密度の低いアマモ分布域と転石帯ではヨコエビ類を最も多く摂食しかつアミ類と同様それを強く選択しているが，マダイの密度の高い周辺砂底域（自らの密度も最高の67.1個体）や西側砂底域（サビハゼは0.3個体と最低）ではヨコエビ類への摂食をおさえてアミ類を集中的かつ選択的に食っている．とくに，ヨコエビ類の平均現存量が4地域中最低値を示す西側砂底域では，マダイがヨコエビ類を強く選択しているのに対して，サビハゼはヨコエビ類を全く食わず，代わりにアミ類のみを選択的に摂食している．両者の関係における食性変化は食物動物密度を考慮してあとで検討する．

アミメハギが最高の生息密度（15.0個体）を示したアマモ分布域で著しい広食性を示すことは先にもふれたが，高い *ri* 値を示す食物動物の顔ぶれが地域によって大きく異なることもこの魚の特徴といえる．すなわち，周辺砂底域ではヨコエビ類に集中するが，ヨコエビ類・アミ類の現存量の低い転石帯では小型巻貝を，西側砂底域では小型二枚貝を最も多く食っている（これら貝類の出現比率は他の地域より高い；Suppl. Table 1 参照）．

ハオコゼは，アマモ分布域と周辺砂底域でヨコエビ類を好んで摂食しているが，ヨコエビ類現存量の低い西側砂底域では広食性を示し，そのなかでもエビ類への選択的摂食が目立つ．

以上の結果はつぎのように要約できる：アマモ分布域や周辺砂底域のようにヨコエビ類やアミ類といった主要食物動物の密度の高い地域では，4魚種ともヨコエビ類を選択的に摂食し，いわゆる重複的摂食がみられるが，転石帯や西側砂底域のように全般的な食物密度の低い地域ではそれぞれの魚は別々の食物動物へ食性を分散させる傾向を示す．また，それぞれの魚の分布密度の高い地域では，食性の幅が広がる傾向が認められ，種内関係の調整を示唆する現像として興味深い．さらに注目すべきは，マダイは広食性を示す場合にもヨコエビ類やアミ類を選択的に多く摂り，魚類群集のなかでの食地位の安定性と優位性を感じさせることである．

4） 食物をめぐるマダイとサビハゼの関係

生息密度が最も高く，分布様式のうえでも緊密な関係にあるマダイとサビハゼ（前述）をとりあげ，食物をめぐる両者の種間関係を通してマダイの食地位を検討してみよう．

Fig. 8 はマダイとサビハゼの分布が重複した定点と別々に出現した定点における，ヨコエビ類・アミ類・橈脚類に対する食物選択性指数 *Ei* を各食物動物密度に対してプロットしたものである．

図から明らかなように，両者の分布が重なる場合には，ヨコエビ類に対するマダイの *Ei* は食物密度にかかわりなくどの定点でも常にサビハゼを抑えて正の値をとるが，アミ類に対しては正の選択性を示すものの，逆にすべての定点でサビハゼを下回っている．橈

脚類に対するマダイの Ei は，食物密度の低い3定点で正の値を示すほかは多くの定点ではむしろ忌避しており，サビハゼも MT-13以外のすべての定点で強い忌避傾向を示す．

一方，両者の分布が重ならない場合にも，マダイはヨコエビ類を強く選択しており，ヨコエビ類に対する食地位は安定した状態にあると言える．前述のとおり，マダイと分布が重なる場合のサビハゼはアミ類をマダイより強く選択するが，分布が重複しない定点ではアミ類を忌避してヨコエビ類を強く選択する場合(MT-15) がある．このことは，マダイがいなければ好きなヨコエビ類を食うが，マダイが一緒にいるとヨコエビ類に対する食地位の優勢なマダイに抑えられて，ヨコエビへの選択性を低下させるか忌避し，その代わりにアミ類への選択性を強めることを示唆している．すなわち，両者が同一の biotope に共存する場合，マダイはヨコエビ類を，サビハゼはアミ類を，それぞれ強く選択するという形で主要な食物動物を微妙に食い分けている．しかもその際，マダイは食物動物の密度に左右されないだけでなく，サビハゼなど他魚種との共存の有無にも係りなく，ヨコエビ類あるいはアミ類といった主要食物動物を安定して選択的に摂食しており，このことからもマダイの食地位の優位性が裏づけられるのである．

論　　議

以上みてきたように，この研究では，若魚期マダイ個体群の生活をまず湾奥水域での分布様式といった相観的 physiognomic[20] な視点から整理したうえで，その結果からみてマダイと同一群集に所属し共存していると考えられる魚種を抽出し，食物をめぐる種間関係を分析するという方法をとった．ところで，"Gause の原理" をめぐる論議の発端のひとつになった「共存」[21] の概念がここでも問題になる．なぜならば，共存のいかんは地域の広さをどうとるかに依存しており[22]，biotope のとり方によっては結論が変ってくることもある[23]からである．そこで，それほど広くない湾奥水域に可能な限り多くの定点を設け，1定点が複数の biotope を含まないように曳網面積をできるだけ狭くした．そこにすむ生物組成が一定している生息場所の単位を biotope[24] とするならば，先に述べた，特徴的な群集からなる4地域はそれぞれ biotope とみなすことができる．それにくらべて，狭い曳網面積を理由に混獲魚種を同一 biotope での共存者とみなした細の州[2,25] の場合は，起伏の激しい海底地形や植生および底質からみて1定点が場の異質性を含んでおり，同一 biotope としてあつかうのは無理だと思われる．事実，マダイと混獲されるハオコゼやアミメハギとの相互関係の分析から得られた結論――生活空間内の群行動あるいは群形成の分離性による魚種間の緊張緩和――は，これら3種のニッチが類似していて食物をめぐる競合関係が成立しているという予想[2] を裏切っている．今回の研究結果からみても，アミメハギはアマモ場魚類群集に属し，マダイとは異なったニッチを占めている．混獲された定点でヨコエビ類のようなマダイと共通の食物を摂っていた場合でも，異なった採食場所 feeding site に生息する属や種を異にしたヨコエビ類を利用しており（東・藤定，未発表），場所や食物をめぐる直接的な種間競争は考えにくい．また，ハオコゼは志々伎湾では砂底にも分布を広げており，今回の結果では砂底域魚類群集に包摂されたが，一般にアマモ場の専在種[19] とされており，その生活様式や，前述した摂食性および選択性などからみて，マダイとの強い種間競争は考えられない．

Ivlev[18] は，「自然界の動物は我々の想像を遙かにこえて，非常によく隔離されていると考えられる．」とのべ，食物関係における個体的隔離と動態的隔離の重要性を指摘し，「相互関係」の意義の過大評価を動物の実際の生活条件の理解を歪めるものとして強く戒めている．そこで Ivlev の警告に注意しながら，あらためて，マダイとサビハゼの関係について検討してみよう．松宮ら[26]によれば，志々伎湾での両種は5月から7月頃まで湾奥砂底域に生育し，8月以降はマダイが湾央域まで分布を拡大するのに対してサビハゼはアマモ場に生息場所を移すことがわかっている．また，中坊[14]の潜水観察によれば，全長50㎜までのサビハゼは海底から20〜30㎝上の水中を数尾の群れで遊泳し，そのサイズを超すと着底する．サビハゼが摂食している橈脚類が浮遊性の Calanoida であること（前述）からもこの魚の行動と摂食様式がうかがわれ，この時

期にはサビハゼがマダイと同じ biotope に共存しているとみて間違いなかろう．とくに両種がともに高い生息密度で出現する周辺砂底域においては，ヨコエビ類・アミ類など主要食物動物の高い密度が両種に共存の条件を与えている．これとは対照的に，同じく砂底でも食物密度が低く，マダイの生息密度がサビハゼを圧倒する西側砂底域では，著しい摂食性の分離が起こっている．このことは，一般に，feeding niche の重複による共存が食物資源の多いときに起こり，食物密度が低下したときには食性分離がみられるという淡水魚での多くの知見[8-12]とも共通している．

4(4)で分析したように，この場合の共存機構は，両種による主要な食物動物への選択性の分化に求めることができる．すなわち，マダイは食物密度や共存魚種の存否とは独立にヨコエビ類への選択的摂食を安定的に維持し，同じ食物を要求しているサビハゼの選択性をアミ類の方へ微妙に移行 shift させることによって，イブレフ流に言いかえれば，異質競争指数が最小になるようにして，時期的には比較的短期間の共存を成り立たせているのである．マダイの食地位の優位性とわれわれが呼んだのは，まさに，この時期の両種の共存と分離がマダイの主導性にもとづいているからであった．

要　　約

1. 底生生活へ移行したマダイ若魚の食地位 feeding niche を明らかにするため，1977年6月12日の昼間，志々伎湾湾奥部14定点において，底曳網による魚類の採集と NUS ネットおよびその背面に固定したプランクトンネットによる食物動物の採集を行った．
2. 採集された魚類57種1,626個体のうちマダイは全体の24.6%を占め，サビハゼ（25.5%）に次ぐ出現順位を示した．湾奥水域は，砂底域・転石帯・アマモ分布域という3つの biotope とそこで形成される異なった魚類群集からなるが，マダイはサビハゼ・ハオコゼなどともに砂底域，それも食物動物密度の高いアマモ分布域周辺の群集に属し，アミメハギはアマモ場の群集に属することが，分布様式の解析から明らかにされた．
3. マダイ・サビハゼ・ハオコゼおよびアミメハギの食物動物の胃内容物中での重量比（ri）と環境における重量比（pi）との関係から，摂食性と Ivlev の食物選択性について検討した結果，ヨコエビ類がこの湾の key industory であることがわかった．また，湾奥の4つの地域のなかでヨコエビ類およびアミ類など主要食物動物の高密度地域（周辺砂底域とアマモ分布域）では，4魚種ともヨコエビ類への重複的摂食が認められたが，食物の低密度地域（転石帯と西側砂底域）では各魚種はそれぞれの摂食性を分離させる傾向を示した．さらに，各魚種の生息密度の高い biotope では，食性の幅が広がり，種内関係の調整を示唆する現象が認められた．
4. 「共存」の概念を整理することによって，アミメハギやハオコゼは，マダイと混獲された場合でも，マダイとは biotope を異にしたり，あるいは異なった生活様式をもっているため，マダイとの種間競争は考えにくいことを考察した．
5. マダイとサビハゼの食物をめぐる種間関係を，食物動物の密度を考慮に入れ，両種の分布が重複する定点と重複しない定点とに分けて検討した．その結果，マダイはサビハゼとの分布の重複のいかんにかかわらず，また食物密度の多少にも左右されずにヨコエビ類を強く選択して摂食し，安定した食地位を維持するが，サビハゼはマダイと分布が重ならないときはヨコエビ類を好んで食い，マダイと重複するときにはヨコエビ類の代わりにアミ類への選択性を強める．すなわちこの時期，両種の間には，食物選択性を微妙に shift させることによる共存が成立する．
6. マダイとサビハゼの共存は，一般に feeding niche の重複による共存が食物資源の多い場合に起るという淡水魚での多くの知見と一致する．そして両種の共存と分離がマダイの主導性にもとづいて起っており，このことがマダイの食地位の優位性の内容をなすことを指摘した．

Suppl. Table NUSネットおよびプランクトンネットにより採集された各食物動物の重量
Weight percentage (left) and numbers of specimens (right) of prey animals collected

prey animals	Weight Percentage MT- 1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Turbellaria	*tr*	0.1	*tr*	—	0.1	—	0.1	*tr*	—	0.1	0.1	—	0.2	0.1
Polychaeta	4.3	2.6	8.1	4.5	12.1	6.6	10.3	4.2	2.6	13.2	5.3	16.5	8.3	2.6
Bryozoa	26.3	0.1	0.1	0.1	0.1	42.7	0.1	*tr*	0.3	*tr*	*tr*	0.1	21.0	1.5
Gastropoda	2.7	4.1	7.8	3.8	4.9	13.9	15.2	22.0	14.9	1.1	3.0	20.2	1.2	2.3
Bivalvia	0.3	2.5	9.4	13.9	23.9	2.8	13.2	8.5	21.0	20.6	12.3	9.9	0.2	0.4
Pycnogonida	0.2	0.1	0.4	0.7	0.2	0.1	0.7	0.1	1.1	3.3	0.6	0.8	0.2	0.1
Ostracoda	0.1	1.9	1.1	0.1	2.6	2.1	1.0	1.1	0.4	1.9	1.0	1.2	0.1	*tr*
Copepoda	8.9	31.8	0.8	4.6	10.8	7.0	2.9	2.3	6.8	6.7	2.0	2.1	9.3	9.3
Mysidacea	5.6	41.3	51.4	41.3	14.6	8.3	3.5	20.3	22.8	24.1	40.8	1.5	23.3	7.1
Cumacea	0.2	0.4	1.8	6.1	0.9	1.0	0.1	2.7	9.1	3.9	3.5	0.1	1.0	0.2
Tanaidacea	*tr*	*tr*	0.1	—	0.1	0.3	0.4	*tr*	*tr*	*tr*	*tr*	0.8	0.3	0.3
Anthuridea	0.1	0.3	0.1	0.1	0.5	0.2	0.7	0.1	0.2	0.2	0.1	1.2	0.6	1.2
Flabellifera	1.0	—	—	0.2	*tr*	*tr*	0.4	1.3	0.5	1.6	0.7	—	1.8	2.5
Valvifera	—	—	0.1	0.4	—	—	—	*tr*	—	0.3	0.1	—	1.2	0.1
Gammaridea	3.4	8.8	6.2	7.4	10.2	6.6	15.7	9.1	9.5	7.9	12.4	3.4	8.3	13.1
Caprellidea	1.0	5.0	0.2	0.2	*tr*	*tr*	0.3	4.2	0.6	0.5	0.7	*tr*	2.6	1.9
Natantia	14.0	—	*tr*	1.1	—	—	—	25.4	1.1	1.0	0.1	1.5	17.6	36.5
Anomura	0.1	—	*tr*	0.5	—	—	0.1	*tr*	1.1	1.3	0.4	—	0.9	0.5
Brachyura	—	—	0.2	—	—	—	—	—	—	5.1	0.3	—	0.2	( )
Ophiuroidea	0.4	0.4	7.9	6.5	6.0	7.0	30.8	7.1	7.2	1.6	4.6	31.8	0.1	*tr*
Osteichthyes	30.5	—	1.0	7.5	11.8	0.3	0.2	—	—	( )	6.0	5.3	—	20.0
Biomass(g)	13.3	13.7	5.8	2.3	8.5	11.3	11.2	2.5	1.6	2.4	2.4	5.5	6.0	9.1

文　献

1）畔田正格・池木麗子・東　幹夫　1980：志々伎湾における底生生活期マダイ当歳魚の分布と成長．本誌，(54)，259-278.

2）今林博道・花岡　資・高森茂樹　1975：生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態—I．他魚種との関係．南西水研研報，(8)，101-111.

3）立石　賢　1976：マダイ放流種苗の追跡・種苗の放流効果—アワビ・クルマエビ・マダイ．水産学シリーズ12（日本水産学会編），102-111，恒星社厚生閣，東京．

4）最首光三　1978：ポピュレーションと種苗放流．増殖技術の基礎と理論—その発展の糸口として．水産学シリーズ23（日本水産学会編），20-31，恒星社厚生閣，東京．

5）木曽克裕　1980：平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態—I．成長に伴う餌料の変化とその年変動．本誌，(54)，291-306.

百分率（%）と採集個体数（/15㎡）
with NUS net and plankton net fixed on it in each sampling site. (number per $15m^2$).

Numbers of specimens													
MT-1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	2	1	—	3	—	1	1	—	3	4	—	5	9
480	152	221	65	681	320	318	68	45	185	91	634	434	203
					no	count							
41	86	55	24	169	114	223	23	17	9	10	128	24	127
15	47	196	73	419	76	232	54	75	117	71	137	4	11
53	6	10	11	9	3	9	2	7	16	12	16	12	3
15	133	84	6	170	123	137	24	23	39	73	126	3	3
					no	count							
453	3250	1650	771	1193	690	206	369	426	531	995	165	905	313
39	79	222	347	211	200	64	89	342	125	168	66	127	23
4	29	10	—	37	73	115	1	2	4	1	125	66	24
10	60	15	9	85	51	152	3	3	13	6	72	33	61
55	—	—	1	4	3	6	4	2	10	2	—	50	58
—	—	6	9	—	—	—	3	—	13	3	—	17	2
795	2558	598	350	1390	1493	2130	458	349	311	1223	2536	809	1566
79	26	14	5	23	11	24	9	7	18	16	7	145	133
29	—	1	3	—	—	—	38	6	5	2	4	58	175
4	—	1	3	—	—	1	1	2	3	3	—	3	15
—	—	3	—	—	—	—	—	—	3	1	—	2	2
26	59	108	22	980	3150	9150	42	20	32	280	6602	20	4
4	—	2	2	3	1	1	—	—	1	1	7	—	3

6）——— 1982：同上—II．食物を中心にみた生息場所の利用について．同誌，(57)，31-46．

7）大森迪夫　1980：油谷湾におけるマダイ当歳魚の食性．本誌，(54)，93-103．

8）A. Keast　1965：Resource subdivisions amongst cohabiting fish spceies in a bay, Lake Opinicon, Ontario. *Proc. 8th Conf. Gt Lakes Res., Univ. Michigan*, 106-132.

9）——— 1970：Food specializations and bioenergetic interrelations in the fish faunas of some small Ontario waterways. In "Marine Food Chains" (ed. by J. H. Steele) 377-411, Oliver and Boyd, Edinburgh.

10）T. H. Zaret and A. S. Rand　1971：Competition in tropical stream fishes：support for the competitive exclusion principle. *Ecol.*, **52**, 336-342.

11）A. V. Tyler　1972：Food resource division among northern marine fishes. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **29**, 997-1003.

12）N.-A. Nillsson　1978：The role of size-biased predation in competition and interactive segregation in fish. In "Ecology of Freshwater Fish Production" (ed. by S. D. Gerking) 303-325, Blackwell's, Oxford.

13）東　幹夫・陣野聡子　1980：平戸島志々伎湾の底

生動物群集—I．マクロベントスと堆積物による生息場所分析の試み．本誌，(54)，195–208．

14) 中坊徹次 1980：志々伎湾の底生魚類群集—I．主要種の分布と群集区分．本誌，(54)，209–229．

15) E. H. Simpson 1949 : Measurement of diversity. *Nature* **163**, 688.

16) M. Morisita 1959 : Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.*,Ser. E (Biol.), **3** (1), 65–80.

17) C. G. J. Petersen and P. Boysen Jensen 1911: Valuation of the sea. I. Animal life of the seabottom, its food and quantity (Quantitative studies), *Rep. Danish Biol. Stat.*, (20), 1–81.

18) V. S. Ivlev 1955: Experimental Ecology of the Feeding of Fishes. Moscow. (in Russian)〔児玉康雄・吉原友吉共訳 1965：魚類の栄養生態学．261 pp，新科学文献刊行会，米子〕

19) C. S. Elton 1927: Animal Ecology. Sidgwick & Jackson, Ltd., London.〔渋谷寿夫 1955：動物の生態学．233 pp，科学新興社，東京〕

20) 西村三郎 1972：海洋における生物群集の構造・分布・維持．「海の生態学」(沼田真監修)，187–295，築地書館，東京．

21) G. Hardin 1960 : The competitive exclusion principle. *Science* **131**, 1292–1298.

22) 森下正明 1961：動物の個体群．「動物生態学」(宮地伝三郎ほか著)，163–262，朝倉書店，東京．

23) 太田嘉四夫 1976：競争的共存—ネズミ類の近縁種間の関係．生理生態，17 (1/2)，195–201．

24) 菊池泰二 1974：動物の種間関係．120 pp，生態学講座 13，共立出版，東京．

25) 花岡 資 1977：魚類群集の構造と生産—種間同種間関係をめぐって．「海の生物群集と生産」(西沢 敏・石田力一・川崎 健編)，311–364，恒星社厚生閣，東京．

26) 松宮義晴・村上 司・鈴木庸行・岡 正雄 1980：志々伎湾におけるサビハゼとスジハゼの分布および食性．本誌，(54)，321–331．

非　売　品

昭和58年３月25日　印刷
昭和58年３月30日　発行

水産庁西海区水産研究所
〒850　長崎市国分町49

印刷人　松尾隆一郎
印刷所　株式会社　隆文社
佐世保市瀬戸越町 260
電話 ㊾ 3306

CONTENTS

(In Japanese with English abstracts)

SEIKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

49 KOKUBU-CHO, NAGASAKI 850

JAPAN